

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

Редакционная коллегия: акад. Л. А. Арцимович, акад. А. Г. Бетехтин, акад. С. А. Векшинский, акад. Б. А. Казанский, акад. А. Н. Колмогоров (зам. главного редактора), акад. А. Л. Курсанов, акад. С. А. Лебедев, акад. А. И. Опарин (главный редактор), акад. Е. Н. Павловский, акад. Л. И. Седов, акад. Н. М. Страхов, акад. А. Н. Фрумкин (зам. главного редактора)

26-й ГОД ИЗДАНИЯ

1958

ТОМ 121, № 6

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА	Стр.
В. М. Волосов. Асимптотика интегралов некоторых возмущенных систем . . .	959
Л. А. Гроза. Асимптотическое разложение решений обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в банаховых пространствах	963
Г. Кангро. Об обобщении одной теоремы Мура	967
Б. Р. Лаврук. О зависимости индекса одного оператора граничной задачи для эллиптической системы линейных дифференциальных уравнений второго порядка от старших коэффициентов	970
Г. С. Макаева. Асимптотическое поведение решений дифференциальных уравнений с малым параметром, системы «быстрых движений» которых близки к гамильтоновым	973
С. И. Рабинович. К вопросу об экстремальных функциях в некоторых задачах теории приближения	977
А. Х. Турецкий. О классе насыщения для метода Гельдера суммирования рядов Фурье	980
В. А. Якубович. Об ограниченности и устойчивости в целом решений некоторых нелинейных дифференциальных уравнений	984
ГИДРОМЕХАНИКА	
А. Г. Куликовский. О волнах Римана в магнитной гидродинамике	987
АСТРОНОМИЯ	
А. А. Никитин. Некоторые оценки интенсивностей линий гелия в спектрах нестационарных звезд	991
ФИЗИКА	
Б. С. Желепов, А. П. Приходцева и Ю. В. Хольнов. $0^{+} \rightarrow 0^{+}$ -переход в Ce^{140}	995
Ф. И. Скрипов. Ядерно-резонансный генератор, работающий в магнитном поле Земли	998

- Ю. П. Непрочнов. Результаты сейсмических исследований на Черном море в районе г. Анапы 1001
- В. В. Шулейкин. Точный интеграл уравнения поля ветровых волн в океане и его физическое значение 1003

ОКЕАНОЛОГИЯ

- К. В. Беклемишев и В. С. Короткевич. Зоопланктон Индийского сектора Антарктики 1009
- О. И. Кобленц-Мишке. Распространение некоторых форм фитопланктона в связи с основными течениями западной части Тихого океана 1012

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- С. З. Бокштейн, Т. И. Гудкова, А. А. Жуховицкий и С. Т. Кишкин. О влиянии необратимых структурных изменений, возникающих при пластической деформации, на диффузионную подвижность 1015
- К. А. Осипов. О значениях энергии активации самодиффузии в жидких металлах 1019
- Е. Ф. Петрова, М. И. Лапшина и Л. А. Шварцман. Растворимость углерода в альфа-железе 1021

ХИМИЯ

- Х. И. Арешидзе и А. В. Киквидзе. Углеводороды ряда декалина в мирзаанской нефти 1025
- Я. С. Бобович и В. В. Перекалин. Исследование строения непредельных нитросоединений методом комбинационного рассеяния света 1028
- А. А. Гундырев, Н. С. Наметкин и А. В. Топчиев. Дипольные моменты гекс-алкилпроизводных дисилоксана 1031
- И. Н. Назаров и Ж. А. Красная. Конденсация ацетала β -циклоцитраля с 1-этоксиниопреном 1034

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г. В. Коровина, С. Г. Энтелис и Н. М. Чирков. Скорость поглощения этилена и пропилена серной кислотой разных концентраций 1038
- П. С. Перминов. Влияние давления на растворимость молекулярного водорода в ниобии и тантале 1041
- О. Я. Самойлов. К теории температурной зависимости координационных чисел ионов в водных растворах 1043
- Б. Я. Свешников и Л. А. Кузнецова. К диффузионной теории кинетики бимолекулярных реакций в растворах 1045
- Е. А. Шотт-Львова, Я. К. Сыркин, И. И. Левкоев и М. В. Дейчмейстер. Дипольные моменты гемиоксанинов производных 3-этилродана и индан-диона (1,3) 1048

ГЕОХИМИЯ

- М. А. Глаголева. Формы миграции элементов в речных водах 1052
- Н. В. Тагеева. О геохимии глинистых осадков Каспийского моря 1056

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- И. И. Китайгородский и В. А. Блинов. Получение сверхтонкого пленочного стекла и области его применения 1060

ГЕОЛОГИЯ

- Б. А. Андреев. Структурно-металлогенические зоны и гравитационные аномалии 1063
- Ю. М. Васильев, А. А. Звягельский и С. Л. Подгорбунский. Челкарский соляной массив в Северном Прикаспии 1065
- В. Н. Корценштейн. К вопросу о глубинном геотермическом режиме Предкавказья 1068
- Н. П. Куприна. Новые данные об оледенении Западного Верхоянья 1071

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

- Л. Н. Репина. Трилобиты базайхского горизонта 1075

- И. Б. Райков. Цитохимические особенности ядерного аппарата равнореснич-
ных инфузорий *Loxodes striatus* и *L. magnus* 1079

ГЕНЕТИКА

- П. А. Храновский. О наследовании размеров и функции половых желез у до-
машних птиц 1083

ЭКОЛОГИЯ

- В. Э. Беккер. Особенности вителлогенеза у самок золотого карася (*Carassius
carassius* (L.)) в условиях повышенной плотности населения 1086
Л. Н. Сервин. Изменения резистентности *Paramecium caudatum* в процессе
адаптации к солям CaCl_2 , NaCl и KCl 1090

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- В. Н. Жолкевич. О соотношении между интенсивностью дыхания и содержа-
нием фосфорилированных соединений при засухе 1093
Е. Г. Салькова и Н. П. Кораблева. О некоторых физиологических и морфо-
логических изменениях в глазках картофельных клубней под влиянием
облучения 1097

ФИЗИОЛОГИЯ

- А. В. Погребкова. Регуляция дыхания у взрослых собак после одномоментно-
го выключения в раннем онтогенезе дистантных рецепторов 1101

ЭМБРИОЛОГИЯ

- А. И. Зотин. Фермент затвердевания оболочек у яиц лососевых рыб 1105

Указатель статей к тому 121:

- Систематический I—IX
Алфавитный X—XII

CONTENTS

MATHEMATICS

Pages

- V. M. Volosov. The asymptotic of the integrals of some disturbed systems . . 959
L. A. Groza. Asymptotic expansion of solutions of second order ordinary dif-
ferential equations in Banach spaces 963
G. Cangro. On the generalization of a Moore's theorem 967
B. R. Lavruk. The index of a boundary problem operator for an elliptical system
of second order linear differential equations, as dependent on the highest
coefficients. 970
G. S. Makaeva. The asymptotic behaviour of solutions to differential equations
involving a small parameter, whose systems of «rapid motions» are nearly
Hamiltonian 973
S. I. Rabinovich. On extremum functions in some problems of the approximation
theory 977
A. Kh. Turetsky. On the saturation class in Gelder's method of summing Fourier
series 980
V. A. Yakubovich. On the boundedness and stability in the whole of the solutions
of some non-linear differential equations 984

FLUID MECHANICS

- A. G. Kulikovskiy. On Riemannian waves in magnetic hydrodynamics 987

ASTRONOMY

- A. A. Nikitin. Some estimates of helium line intensities in the spectra of non-
stationary stars 991
955

- B. S. Dzhelepov, A. P. Prikhodtseva and Yu. V. Kholnov. $0^+ \rightarrow 0^+$ -transition in Ce^{140} 995
- F. I. Skripov. Nuclear-resonance oscillator operating in the magnetic field of the Earth 998

GEOPHYSICS

- Yu. P. Neprochnov. Some results of Black Sea seismic investigations in the region of Anapa 1001
- W. Shoulejkin. The exact integral of the ocean wind-wave field equation and its physical meaning 1005

OCEANOLOGY

- C. W. Beklemishev and V. S. Korotkevitch. On the zooplankton of the Indian sector of the Antarctic 1009
- O. I. Coblentz-Mishke. The distribution of some species of phytoplankton with reference to the currents of the Western Pacific 1012

TECHNICAL PHYSICS

- S. Z. Bokstein, T. I. Gudkova, A. A. Zhukhovitsky and S. T. Kishkin. Diffusion mobility as influenced by irreversible structural modifications due to plastic deformation 1015
- K. A. Osipov. Activation energy values for spontaneous diffusion in liquid metals 1019
- E. F. Petrova, M. I. Lapshina and L. A. Schwarzman. The solubility of carbon in alpha-iron 1021

CHEMISTRY

- Kh. I. Areshidze and A. V. Kikvidze. Hydrocarbons of the dekalin series in the Mirzaan oil 1025
- J. S. Bobovich and V. V. Perekalin. An investigation of the structure of unsaturated nitrocompounds by means of the Raman effect 1028
- A. A. Gundyrev, N. S. Nametkin and A. V. Topchiev. Dipole moments of the hexalkyl derivatives of disiloxane 1031
- I. N. Nazarov and Zh. A. Krasnaia. Condensation of β -cyclocitral acetal with 1-ethoxyisoprene 1034

PHYSICAL CHEMISTRY

- G. V. Korovina, S. G. Entelis and N. M. Chirkov. Rate of ethylene and propylene absorption by sulphuric acid of varied concentration 1038
- P. S. Perminov. The effect of pressure on the solubility of molecular hydrogen in niobium and tantalum 1041
- O. Ya. Samoilov. On the theory of the dependence of the coordination numbers of ions in aqueous solutions on temperature 1043
- B. J. Sveshnikov and L. A. Kuznetsova. On the diffusion theory of the kinetics of bimolecular reactions in solutions 1045
- E. A. Shott-Lyova, J. K. Syrkin, I. I. Levkoev and M. V. Deichmeister. Dipole moments of hemioxanins of 3-ethylrhodanin and indandione (1, 3) derivatives 1048

GEOCHEMISTRY

- M. A. Glagoleva. Ways of migration of elements in river waters 1052
- N. V. Tageeva. On the geochemical characters of the sediments of the Caspian Sea 1056

CHEMICAL TECHNOLOGY

- I. I. Kitaigorodsky and V. A. Blinov. The production of superfine film glass and its uses 1060

GEOLOGY

- B. A. Andreev. Structural-metallogenic zones and gravitation anomalies 1063
- Yu. M. Vasiliev, A. A. Zviagelsky and S. L. Podgorbunsky. The Chelkar saline massif in the northern Near-Caspian region 1063

	<i>Pages</i>
V. N. Kortsenstein. On the problem of the geothermic depth conditions in Cis-caucasia	1068
N. P. Kuprina. New data on the glaciation of the West Werkhoyan region . .	1071

PALEONTOLOGY

L. N. Repina. The Trilobites of the Bazaikh horizon	1075
---	------

CYTOLOGY

I. B. Raikov. Some cytochemical characters of the nuclear apparatus in the holotrichous ciliates <i>Loxodes striatus</i> and <i>L. magnus</i>	1079
---	------

GENETICS

P. A. Khranovsky. On the inheritance of size and functions of gonades in the fowl	1083
---	------

ECOLOGY

V. E. Becker. The peculiar features of the vitellogenesis in the females of <i>Carassius carassius</i> (L.) under conditions of increased population density . . .	1086
L. N. Seravin. Variations in the resistivity of <i>Paramecium caudatum</i> , taking place in the course of its adaptation to CaCl_2 , NaCl and KCl salts	1090

PLANT PHYSIOLOGY

V. N. Zholkevich. On the ratio between respiration intensity and the content of phosphorylized compounds during drought	1093
E. G. Salkova and N. P. Korableva. On certain physiological and morphological changes taking place in the eyes of potato tubers subjected to irradiation	1097

PHYSIOLOGY

A. V. Pogrebkova. Respiration control in sex mature dogs, following a simultaneous cut-off of distant receptors at early ontogeny	1101
---	------

EMBRYOLOGY

A. I. Zotin. The membrane hardening enzyme of salmon eggs	1105
---	------

ПОПРАВКА

В мою статью (А. Е. Мартынюк, ДАН, т. 117, № 3, 1957 г.) необходимо внести следующие поправки:

Стр. 374, строка 7 и стр. 375, строка 1 снизу: напечатано H , следует читать H_0 .

Стр. 375, неравенство (10): напечатано $|u|$, следует читать $|u|_1$.

Стр. 376, строка 2: напечатано (u, f) , следует читать $(A_1 u, f)$.

Стр. 376, формулу (12) следует записать в виде

$$(A_1 u, f) = [u, u_0]_1, \quad u \in H_1.$$

Стр. 376, строка 4 снизу: напечатано $\frac{d^{k+1}}{dx^{k+1}}$, следует читать $\frac{d^{k+1}u}{dx^{k+1}}$.

А. Е. Мартынюк

В. М. ВОЛОСОВ

АСИМПТОТИКА ИНТЕГРАЛОВ НЕКОТОРЫХ ВОЗМУЩЕННЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 22 IV 1958)

§ 1. Постановка задачи. Рассмотрим систему уравнений

$$\dot{x}_0 = M(x_0, y_0, \vec{\mu}_0), \quad \dot{y}_0 = N(x_0, y_0, \vec{\mu}_0), \quad (1)$$

где x_0, y_0 — неизвестные функции; $\vec{\mu}_0 = \{\mu_{10}, \mu_{20}, \dots, \mu_{n0}\}$ — совокупность n независимых параметров. Назовем (1) невозмущенной системой. Пусть в некоторой области общее решение (1) — семейство периодических решений, зависящее от произвольных постоянных и $\vec{\mu}_0$. Пусть $\Phi(x_0, y_0, \vec{\mu}_0)$ — некоторый непрерывный, ограниченный, достаточно гладкий интеграл системы (1), не содержащий t . Вдоль цикла невозмущенной системы $\Phi = c_0 = \text{const}$. Относительно функций M, N предполагаем, что они непрерывны, ограничены и достаточно гладки в рассматриваемой далее области. Будем считать, что в этой области выполняются условия существования и единственности решений (1) и непрерывной зависимости решений от начальных условий и $\vec{\mu}_0$. Предположим, что существуют открытая область $\{\vec{\mu}\}$ пространства $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ и открытая область G фазовой плоскости (x, y) такие, что фазовая траектория $x_0(t, \vec{\mu}_0), y_0(t, \vec{\mu}_0)$ системы (1), начинающаяся в любой точке замыкания \bar{G} области G , при значениях $\vec{\mu}_0$ из замыкания $\overline{\{\vec{\mu}\}}$ области $\{\vec{\mu}\}$ является замкнутой кривой и соответствует некоторому периодическому решению (1). Допустим, что семейство периодических решений (1), фазовые траектории которых начинаются в \bar{G} , имеет интеграл $\Phi = c_0$, а кроме того допустим, что это семейство можно записать в виде

$$x_0 = x_0(c_0, \vec{\mu}_0, \omega(c_0, \vec{\mu}_0)t + h), \quad y_0 = y_0(c_0, \vec{\mu}_0, \omega(c_0, \vec{\mu}_0)t + h), \quad (2)$$

где c_0 — произвольная постоянная, соответствующая интегралу $\Phi(x_0, y_0, \vec{\mu}_0) = c_0$; h — тоже произвольная постоянная; $\omega = 2\pi/T$ — частота колебаний; $T(c_0, \vec{\mu}_0)$ — период решений. Предполагается, что x_0, y_0 — периодические функции аргумента $\omega t + h$ периода 2π и что при рассматриваемых далее значениях $c_0, \vec{\mu}_0$ функция ω ограничена, непрерывна, достаточно гладка и $\omega \geq \alpha > 0$ ($\alpha = \text{const}$). Рассмотрим систему уравнений

$$\begin{aligned} \dot{x} &= M(x, y, \vec{\mu}) + \varepsilon f^{(y)}(x, y, \vec{\mu}), & \dot{y} &= N(x, y, \vec{\mu}) - \varepsilon f^{(x)}(x, y, \vec{\mu}), \\ \dot{\vec{\mu}} &= \vec{\varepsilon} \Phi(x, y, \vec{\mu}), \end{aligned} \quad (3)$$

где ε — малый параметр, которую назовем возмущенной системой. Функции $-\varepsilon f^{(x)}$ и $\varepsilon f^{(y)}$ — малые возмущения. Последнее уравнение систе-

мы (3) описывает медленное изменение параметра $\vec{\mu}$ с малой скоростью $\varepsilon\varphi$, зависящей от состояния системы (3) (в невозмущенной системе (1) $\vec{\mu} = \vec{\mu}_0 = \text{const}$); x, y в системе (3) — координаты возмущенного движения. Относительно функций $f^{(x)}, f^{(y)}, \vec{\varphi}$ предположим, что они непрерывны, ограничены и достаточно гладки в области $\bar{\Gamma} = \bar{G} + \{\vec{\mu}\}$ переменных $x, y, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$.

Пусть G_0 — некоторая открытая подобласть области G , целиком лежащая внутри G вместе со своей границей; $\{\vec{\mu}\}_0$ — открытая подобласть области $\{\vec{\mu}\}$, лежащая вместе со своей границей внутри $\{\vec{\mu}\}$. Построим область $\Gamma_0 = G_0 + \{\vec{\mu}\}_0$ переменных $x, y, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$. Будем рассматривать интегральные кривые системы (3), начинающиеся во внутренних точках области Γ_0 . Пусть $\varepsilon > 0$ и сколь угодно мало, но фиксировано. Введем интервал времени $[t_1, t_1 + a/\varepsilon]$, где $a > 0$ — сколь угодно большое, но фиксированное число; t_1 — произвольный момент времени. Возьмем теперь интегральные кривые (3), начинающиеся в некоторый момент $t = t_0 \in [t_1, t_1 + a/\varepsilon]$ внутри Γ_0 , и будем рассматривать их либо на всем интервале $[t_1, t_1 + a/\varepsilon]$, если при $t_1 \leq t \leq t_1 + a/\varepsilon$ соответствующая фазовая траектория не выходит из Γ_0 , либо на некоторой части $[t_0 - b, t_0 + c] \subset [t_1, t_1 + a/\varepsilon]$ ($b, c \geq 0$) такой, что при $t \in [t_0 - b, t_0 + c]$ траектория находится внутри Γ_0 .

Если в интеграл $\Phi(x_0, y_0, \vec{\mu}_0) = c_0$ подставить вместо $x_0, y_0, \vec{\mu}_0$ ($\vec{\mu}_0 = \text{const}$) решения $x, y, \vec{\mu}$ системы (3), которые мы рассматриваем, то Φ станет, вообще говоря, переменной величиной: $\Phi(x, y, \vec{\mu}) = c(t, \varepsilon)$. Задача состоит в исследовании асимптотики функции $c(t, \varepsilon) = \Phi(x, y, \vec{\mu})$ на упомянутом интервале времени. Предполагается, что в области $\bar{\Gamma}$ возмущенная система (3) удовлетворяет условиям существования и единственности решения и непрерывной зависимости решений от начальных значений. Для интеграла $c = \Phi$ и медленно изменяющихся параметров $\vec{\mu} = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$ мы выведем уравнения нулевого приближения, описывающие эти величины с погрешностью $\sim \varepsilon$ на всем упомянутом интервале времени (вообще говоря, согласно сказанному выше, рассматривается интервал t , имеющий размеры $\sim 1/\varepsilon$).

§ 2. Основные результаты. Предположим, что в области \bar{G} существует непрерывный, ограниченный и достаточно гладкий интегрирующий множитель $\lambda(x_0, y_0, \vec{\mu}_0)$ системы (1), соответствующий интегралу $\Phi = c_0$; это означает, что $\partial\Phi/\partial y = M\lambda$, $\partial\Phi/\partial x = -N\lambda$. Сделаем в системе (3) замену переменных по формулам

$$x = x_0(c, \vec{\mu}, \psi), \quad y = y_0(c, \vec{\mu}, \psi), \quad \vec{\mu} = \vec{\mu}, \quad (4)$$

где $c, \vec{\mu}, \psi$ — неизвестные функции; x_0, y_0 — периодические функции ψ периода 2π , взятые из (2). После ряда преобразований для $c, \vec{\mu}, \psi$ получается система уравнений, из которой мы выписываем здесь лишь два:

$$\dot{c} = \varepsilon\{f^{(x)}x'_\psi + f^{(y)}y'_\psi\}\lambda + \vec{\varphi}(\vec{\nabla}_\mu\Phi), \quad \dot{\vec{\mu}} = \varepsilon\vec{\varphi}, \quad (5)$$

где правые части выражены через $c, \vec{\mu}, \psi$ с помощью (4); $\vec{\nabla}_\mu = \left\{ \frac{\partial}{\partial \mu_1}, \frac{\partial}{\partial \mu_2}, \dots, \frac{\partial}{\partial \mu_n} \right\}$. Система (5) принадлежит к типу систем с быстро вращаю-

щейся фазой (вместе с уравнением для ψ , которое не написано), изученных Н. Н. Боголюбовым и Д. Н. Зубаревым ⁽²⁾. Для получения уравнений нулевого приближения согласно ⁽²⁾, нужно усреднить по ψ правые части (5). В результате усреднения после некоторых преобразований уравнения нулевых приближений для $c, \vec{\mu}$ приводятся к виду

$$\dot{c} = \frac{\varepsilon}{T} \oint_{\Gamma} \lambda (f^{(x)} dx_0 + f^{(y)} dy_0) + \frac{\varepsilon}{T} \int_{\Gamma} \vec{\varphi} (\vec{\nabla}_{\mu} \Phi) dt, \quad \dot{\vec{\mu}} = \frac{\varepsilon}{T} \int_{\Gamma} \varphi dt \equiv \varepsilon \vec{\varphi} \quad (6)$$

(для нулевых приближений $c, \vec{\mu}$ мы не ввели новых обозначений).

Уравнения (6) представляют основной результат настоящей работы. Эти уравнения описывают изменение $c, \vec{\mu}$ на интервале $t \sim 1/\varepsilon$ с погрешностью $\sim \varepsilon$. Квадратуры в правых частях (6) берутся вдоль циклов (2) невозмущенной системы (1), причем вместо $c = \text{const}$ и $\vec{\mu} = \text{const}$ подставляются искомые нулевые приближения для $c, \vec{\mu}$. Решения (6) изменяются медленно (так как $\dot{c}, \dot{\vec{\mu}} \sim \varepsilon$), и, поскольку решение (2) и интеграл Φ системы (1) предполагаются известными, то интегрирование (6) в принципе проще, чем интегрирование (3). Второе уравнение (6) означает, что в нулевом приближении истинную скорость $\varepsilon \vec{\varphi}$ изменения параметра $\vec{\mu}$ можно заменить средним за период значением скорости $\vec{\varphi}$.

Усреднение систем с быстро вращающейся фазой рассматривается в ⁽²⁾ как формальное преобразование системы. Однако с помощью методов Н. Н. Боголюбова ⁽¹⁾ нетрудно сформулировать условия, при которых это усреднение действительно приводит к уравнениям нулевого приближения. Не формулируя здесь этих условий, допустим, что системы (5), (6) удовлетворяют условиям существования и единственности решений и непрерывной зависимости решений от начальных значений и что подобное усреднение применимо. Можно найти также высшие приближения для $c, \vec{\mu}$ и приближения для ψ — фазы колебаний. Тогда с помощью (4) можно получить асимптотику решений $x, y, \vec{\mu}$ системы (3). Здесь уравнения высших приближений не приводятся, так как в общем случае они весьма громоздки.

§ 3. Некоторые частные случаи (канонические системы). Рассмотрим каноническую систему

$$\dot{q}_0 = \frac{\partial H}{\partial p}(q_0, p_0, \vec{\mu}_0), \quad \dot{p}_0 = -\frac{\partial H}{\partial q}(q_0, p_0, \vec{\mu}_0), \quad (7)$$

являющуюся частным случаем (1). Соответствующая возмущенная система имеет вид

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p}(q, p, \vec{\mu}) - \varepsilon f^p(q, p, \vec{\mu}), \quad \dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q}(q, p, \vec{\mu}) + \varepsilon f^q(q, p, \vec{\mu}),$$

$$\dot{\vec{\mu}} = \varepsilon \vec{\varphi}(q, p, \vec{\mu}). \quad (8)$$

Система (7) имеет интеграл полной энергии $E = H(q_0, p_0, \vec{\mu}_0) = \text{const}$. Применим к (8) формулу (6), положив $\lambda \equiv 1$, т. е. приняв E за изучаемый интеграл. Это приводит к уравнениям

$$\dot{E} = \frac{\varepsilon}{T} \oint_{\Gamma} (f^q dq_0 + f^p dp_0) + \frac{\varepsilon}{T} \int_{\Gamma} \vec{\varphi} (\vec{\nabla}_{\mu} H) dt, \quad \dot{\vec{\mu}} = \varepsilon \vec{\varphi}. \quad (9)$$

(9) описывает изменение энергии: скорость ее изменения равна средней мощности возмущающих сил $\varepsilon f^q, \varepsilon f^p$ за период, сложенной со средней мощностью, расходуемой на изменение параметра $\vec{\mu}$. (9) — частный случай (6), так как общей системе (3) соответствует невозмущенная система (1),

которая может и не быть канонической. Уравнение (9) приводилось в моей статье ⁽⁹⁾. Позже, независимо от ⁽⁹⁾, уравнение энергии для (8) было выведено Г. С. Макаевой. Общее уравнение (6) ранее не публиковалось.

Для систем (8) представляет интерес асимптотика интеграла действия $I = \oint p_0 dq_0$, взятого по циклу невозмущенного движения (7). Уравнение (6) приводится в этом случае к следующему специальному виду:

$$\dot{I} = \varepsilon \oint (f^q dq_0 + f^p dp_0) + \varepsilon \int_T (\vec{\varphi} - \vec{\bar{\varphi}}) \vec{\nabla}_\mu H dt, \quad \dot{\vec{\mu}} = \varepsilon \vec{\varphi}. \quad (10)$$

(10) описывает изменение интеграла действия: скорость его изменения равна работе возмущающих сил за период, сложенной с виртуальной работой, затраченной на изменение $\vec{\mu}$ со скоростью $\varepsilon(\vec{\varphi} - \vec{\bar{\varphi}})$ ($\varepsilon(\vec{\varphi} - \vec{\bar{\varphi}})$ — отклонение скорости $\vec{\mu}$ от ее среднего значения*. Если параметры $\vec{\mu}$ изменяются равномерно, т. е. $\dot{\vec{\mu}} = \varepsilon \vec{\varphi} = \text{const}$, и работа $\oint (f^q dq_0 + f^p dp_0) = 0$ на всяком цикле (7), то, согласно (10), $\dot{I} = 0$ и $I = \text{const}$. Интегралы $c = \Phi$, для которых в нулевом приближении $\dot{c} = 0$, называются адиабатическими инвариантами. Интеграл действия при указанных условиях — адиабатический инвариант. В физической литературе (например ^(6,7)) инвариантность I известна, когда (8) имеет каноническую форму. Условие $\oint (f^q dq_0 + f^p dp_0) = 0$ на всяком цикле (7) является более слабым ограничением, так как для того, чтобы систему (8) можно было рассматривать как каноническую, необходимо, чтобы $\oint (f^q dq + f^p dp) = 0$ на всяком замкнутом контуре. Из (6) следует, что для систем (8) общего типа или для (3) интеграл I может и не быть инвариантом. Общая система (3) в некоторых случаях может иметь адиабатически инвариантный интеграл $c = \Phi$, если правая часть (6) тождественно обращается в нуль.

Интегралы $\Phi_1(q_0, p_0, \vec{\mu}_0)$, $\Phi_2(q_0, p_0, \vec{\mu}_0)$ системы (7), не содержащие t , функционально зависимы: $\Psi(\Phi_1, \Phi_2, \vec{\mu}_0) = 0$. Если $\vec{\nabla}_\mu \Psi \equiv 0$, то будем Φ_1, Φ_2 отождествлять, в противном случае будем считать их различными интегралами. Можно показать, что из (6) следует, что для систем (8) при условиях $\dot{\vec{\mu}} = \varepsilon \vec{\varphi} = \text{const}$ и $\oint (f^q dq_0 + f^p dp_0) = 0$ интеграл действия I в указанном смысле является единственным адиабатическим инвариантом (имеется в виду весь класс систем (8) при произвольных H, f^q, f^p ; для отдельных систем это правило может нарушаться).

Различные задачи, связанные с асимптотикой решений систем, сходных по типу с (3), рассматривались в ⁽³⁻⁵⁾.

Автор пользуется случаем выразить признательность акад. Н. Н. Боголюбову за внимание к настоящей работе.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
18 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Н. Боголюбов, О некоторых статистических методах в математической физике, 1945. ² Н. Н. Боголюбов, Д. Н. Зубарев, Укр. матем. журн., 7, №1 (1955). ³ Л. С. Понтрягин, Е. Ф. Мищенко, Изв. АН СССР, сер. матем., 21, № 5 (1957). ⁴ О. Б. Лыкова, Укр. матем. журн., 9, №№ 2, 3, 4 (1957). ⁵ Ю. А. Митропольский, Укр. матем. журн., 9, № 3 (1957). ⁶ Ю. А. Крутков, ЖРФХО, в. 1—9 (1921). ⁷ М. Борн, Атомная механика, 1934. ⁸ В. М. Волосов, ДАН, 106, № 1 (1956); 114, № 6 (1957); 115, № 1 (1957); 117, № 6 (1957). ⁹ В. М. Волосов, ДАН, 121, № 1 (1958).

* Часть результатов моих работ ^(8,9) вытекает из (10).

Л. А. ГРОЗА

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ РЕШЕНИЙ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА В БАНАХОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 24 IV 1958)

Постановка задачи: исследовать поведение решений дифференциальных уравнений 2-го порядка в банаховых пространствах с малым параметром $\varepsilon > 0$ при старшей производной y'' , когда $\varepsilon \rightarrow 0$.

1. Пусть Y — банахово пространство с умножением элементов на вещественные числа. Пусть функция $f(\varepsilon) \in Y$ (ε вещественно) задана в некоторой окрестности точки $\varepsilon = 0$. Пусть ряд

$$C_0 + C_1\varepsilon + C_2\varepsilon^2 + \dots + C_n\varepsilon^n + \dots, \quad (1)$$

где $C_n \in Y$, такой, что для любого фиксированного n

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\|f(\varepsilon) - (C_0 + C_1\varepsilon + C_2\varepsilon^2 + \dots + C_n\varepsilon^n)\|}{\varepsilon^n} = 0. \quad (2)$$

Тогда будем говорить, что (1) служит асимптотическим разложением $f(\varepsilon)$ и записывать это так:

$$f(\varepsilon) \sim \sum_{n=0}^{\infty} C_n \varepsilon^n. \quad (3)$$

По произвольному набору элементов $C_0, C_1, \dots, C_n, \dots \in Y$ можно построить функцию $f(\varepsilon) \in Y$, для которой выполняется (3).

Рассмотрим уравнение

$$\varepsilon y'' + y' + Ay = \theta, \quad (4)$$

где $\varepsilon > 0$ — малый параметр; $y(x, \varepsilon) \in Y$; A — любой линейный ограниченный оператор, отображающий пространство Y в Y , т. е. $A \in \{Y \rightarrow Y\}$. Решения уравнения (4) будем рассматривать на произвольном фиксированном отрезке $[x_0, x_1]$ ($x_0 < x_1$) оси OX . Умножив (4) на ε и введя обозначения $\varepsilon y' = y^{[1]}$, $\varepsilon^2 y'' = y^{[2]}$, запишем уравнение в виде

$$A(y) = y^{[2]} + y^{[1]} + \varepsilon Ay = \theta. \quad (5)$$

Множество всевозможных полиномов вида $a_0 + a_1 A + a_2 A^2 + \dots + a_s A^s$, где a_0, a_1, \dots, a_s — любые вещественные числа и s — любое натуральное число, обозначим через $\{A^s\}$. В силу полноты пространства Y можем замкнуть пространство $\{A^s\}$ и получим коммутативную банахову алгебру $\overline{\{A^s\}}$. Наряду с уравнением (5) рассмотрим

$$A(\bar{y}) = \bar{y}^{[2]} + \bar{y}^{[1]} + \varepsilon A\bar{y} = \bar{\theta} \quad (6)$$

в пространстве $\overline{\{A^s\}}$.

Лемма 1. Существуют две бесконечные последовательности функций $\bar{u}_{10}(x), \bar{u}_{11}(x), \bar{u}_{12}(x), \dots \in \{\bar{A}^s\}$; $\bar{u}_{20}(x), \bar{u}_{21}(x), \bar{u}_{22}(x), \dots \in \{\bar{A}^s\}$ для $x \in [x_0, x_1]$, непрерывные и ограниченные вместе с производными всех порядков, причем существуют $[\bar{u}_{10}]^{-1} = e^{-A(x-x_0)}$, $[\bar{u}_{20}]^{-1} = e^{A(x-x_0)}$ такие, что: 1) при подстановке в $A(\bar{y})$ вместо \bar{y} выражения $\bar{u}_1(x, \varepsilon) = e^{-(x-x_0)\varepsilon} \sum_{j=0}^{m-1} \bar{u}_{1j}(x) \varepsilon^j$ в $A(\bar{u}_1(x, \varepsilon))$ функции при величинах $e^{-(x-x_0)\varepsilon} \varepsilon^s$ ($s = 0, 1, 2, \dots, m$) тождественно равны $\bar{\theta}$; 2) при подстановке в $A(\bar{y})$ выражения $\bar{u}_2(x, \varepsilon) = \sum_{j=0}^{m-1} \bar{u}_{2j}(x) \varepsilon^j$ в $A(\bar{u}_2(x, \varepsilon))$ функции при ε^s ($s = 0, 1, \dots, m$) тождественно равны $\bar{\theta}$.

Лемма 2. Однородное линейное дифференциальное уравнение 2-го порядка в $\{\bar{A}^s\}$ с решениями $\bar{u}_1(x, \varepsilon), \bar{u}_2(x, \varepsilon)$ имеет вид

$$B(\bar{y}) = \bar{y}^{[2]} + b_1(x, \varepsilon) \bar{y}^{[1]} + b_0(x, \varepsilon) \bar{y} = \bar{\theta}. \quad (7)$$

Функции $b_0(x, \varepsilon), b_1(x, \varepsilon) \in \{\bar{A}^s\}$ для $x \in [x_0, x_1]$, $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_1$ ($\varepsilon_1 > 0$ достаточно малое) непрерывны, равномерно ограничены со своими производными всех порядков по x и представимы в виде

$$b_0(x, \varepsilon) = \sum_{j=0}^{\infty} b_{0j}(x) \varepsilon^j, \quad b_1(x, \varepsilon) = \sum_{j=0}^{\infty} b_{1j}(x) \varepsilon^j, \quad (8)$$

причем

$$\|b_1(x, \varepsilon) - I\| \leq D\varepsilon^{m+1}, \quad \|b_0(x, \varepsilon) - \varepsilon A\| \leq D\varepsilon^{m+1}, \quad (9)$$

$x \in [x_0, x_1]$, $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_1$ ($D = \text{const}$, I — тождественный оператор).

Теорема 1. Имеются два фундаментальных решения уравнения (6)

$$\bar{y}_1(x, \varepsilon), \bar{y}_2(x, \varepsilon) \text{ такие, что } \bar{y}_1(x, \varepsilon) = \bar{u}_1(x, \varepsilon) + e^{-(x-x_0)\varepsilon} \bar{E}_{10}(x, \varepsilon) \varepsilon^m, \\ \bar{y}_2(x, \varepsilon) = \bar{u}_1(x, \varepsilon) + \bar{E}_{20}(x, \varepsilon) \varepsilon^m, \quad \frac{d}{dx}(\bar{y}_1(x, \varepsilon)) = \frac{d}{dx}(\bar{u}_1(x, \varepsilon)) + \\ + e^{-(x-x_0)\varepsilon} \bar{E}_{11}(x, \varepsilon) \varepsilon^{m-1}, \quad \frac{d}{dx}(\bar{y}_2(x, \varepsilon)) = \frac{d}{dx}(\bar{u}_2(x, \varepsilon)) + \bar{E}_{21}(x, \varepsilon) \varepsilon^{m-1}$$

где функции $\bar{E} \in \{\bar{A}^s\}$ непрерывны по x с производными всех порядков в $[x_0, x_1]$, аналитичны относительно ε в $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^*$ ($0 < \varepsilon^* \leq \varepsilon_1$) и равномерно ограничены.

При доказательстве, записав уравнение (6) в виде $\bar{y}^{[2]} + b_1(x, \varepsilon) \bar{y}^{[1]} + b_0(x, \varepsilon) \bar{y} = B(\bar{y}) - A(\bar{y})$, можно написать эквивалентное равенство в интегральной форме $\bar{y}(x, \varepsilon) = \bar{u}_1(x, \varepsilon) \bar{C}_1 + \bar{u}_2(x, \varepsilon) \bar{C}_2 + \frac{1}{\varepsilon} \int_{x_0}^x [\bar{u}_1(x, \varepsilon) \times \times \tilde{u}_1(t, \varepsilon) + \bar{u}_2(x, \varepsilon) \tilde{u}_2(t, \varepsilon)] [(b_1 - I) \bar{y}^{[1]} + (b_0 - \varepsilon A) \bar{y}] dt$, где \bar{C}_1, \bar{C}_2 — произвольные постоянные элементы из $\{\bar{A}^s\}$; функции $\tilde{u}_1(x, \varepsilon), \tilde{u}_2(x, \varepsilon)$ определены из уравнений $\bar{u}_1(x, \varepsilon) \tilde{u}_1(x, \varepsilon) + \bar{u}_2(x, \varepsilon) \tilde{u}_2(x, \varepsilon) = \bar{\theta}$, $\bar{u}_1^{[1]}(x, \varepsilon) \tilde{u}_1(x, \varepsilon) + \bar{u}_2^{[1]}(x, \varepsilon) \tilde{u}_2(x, \varepsilon) = I$; $\bar{y}_1(x, \varepsilon), \bar{y}_2(x, \varepsilon)$ фундаментальны в том смысле, что оператор $\bar{\Delta} = \bar{y}_1 \bar{y}_2 - \bar{y}_1' \bar{y}_2$ имеет обратный для $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^*$.

Таким образом, для $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^*$ любое решение уравнения (4) можно записать в виде

$$y(x, \varepsilon) = \bar{y}_1(x, \varepsilon) C_1 + \bar{y}_2(x, \varepsilon) C_2, \quad (10)$$

где C_1, C_2 — произвольные постоянные элементы из Y . Решение $y(x, \varepsilon)$ уравнения (4) определяется начальными данными $y(x_0, \varepsilon) = y_0, y'(x_0, \varepsilon) = y'_0$, тогда как решение $y_0(x)$ предельного уравнения определяется лишь значением $y_0(x)$ при $x = x_0$, т. е. y_0 . Не нарушая общности, будем считать $y_0 = \theta$ и, следовательно, $y_0(x) \equiv \theta$. Для C_1, C_2 в (10) имеем: $C_1 = \varepsilon C_1^0(\varepsilon), C_2 = \varepsilon C_2^0(\varepsilon)$, где $C_1^0(\varepsilon), C_2^0(\varepsilon)$ — ограниченные функции для $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^*$.

Итак, $y(x, \varepsilon) \rightarrow \theta$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ для $x \in [x_0, x_1]$; $y'(x, \varepsilon) \rightarrow \theta$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ для $x \neq x_0$; $y''(x, \varepsilon) \rightarrow \theta$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ для $x \neq x_0$ и $\|y''(x_0, \varepsilon)\| \rightarrow \infty$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ порядка $1/\varepsilon$ и т. д. Для решения $y(x, \varepsilon)$, проходящего через точки $(x_0, y_0), (x_1, \theta)$ ($y_0(x) \equiv \theta$ — решение предельного уравнения, проходящее через точку (x_1, θ)), имеем $y(x, \varepsilon) \sim \theta$ для $x \in [x_0, x_1], x \neq x_0$; $x = x_0$ является точкой пограничного слоя для решения $y(x, \varepsilon)$ и его производных.

2. Рассмотрим уравнение

$$\varepsilon y'' + p^*(x, \varepsilon) y' + q^*(x, \varepsilon) y = \theta, \quad (11)$$

где функции p^*, q^* со значениями в $\{Y \rightarrow Y\}$ определены для $x \in [x_0, x_1]$, $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^*$, непрерывны по x , равномерно ограничены и имеют вид $p^*(x, \varepsilon) = p_0(x) + \varepsilon p_1(x) + \varepsilon^2 p(x, \varepsilon), q^*(x, \varepsilon) = A + \varepsilon q(x, \varepsilon)$. Здесь $A, p(x, \varepsilon), q(x, \varepsilon) \in \{Y \rightarrow Y\}$; $p_1(x) \in \{A^s\}$; $0 < \alpha \leq p_0(x)$ — вещественная функция, причем $p_0(x)$ и $p_1(x)$ имеют непрерывные производные всех порядков, либо по крайней мере до 2-го порядка включительно.

Теорема 2. Имеются два независимых решения уравнения (11)

$y_1(x, \varepsilon), y_2(x, \varepsilon)$ такие, что $y_1(x, \varepsilon) = \bar{y}_1(x, \varepsilon) C_1 + \exp\left[-\frac{1}{\varepsilon} \int_{x_0}^x p_0(t) dt\right] \times$

$\times E_{10}^{C_1}(x, \varepsilon) \varepsilon, y_1^{[1]}(x, \varepsilon) = \bar{y}_1^{[1]}(x, \varepsilon) C_1 + \exp\left[-\frac{1}{\varepsilon} \int_{x_0}^x p_0(t) dt\right] E_{11}^{C_1}(x, \varepsilon) \varepsilon, y_2(x, \varepsilon) =$

$= \bar{y}_2(x, \varepsilon) C_2 + E_{20}^{C_2}(x, \varepsilon) \varepsilon, y_2^{[1]}(x, \varepsilon) = \bar{y}_2^{[1]}(x, \varepsilon) C_2 + E_{21}^{C_2}(x, \varepsilon) \varepsilon$ для всех

$x \in [x_0, x_1], 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^{**} (0 < \varepsilon^{**} \leq \varepsilon^*)$, где C_1, C_2 — произвольные единичные элементы из Y ; E — функции со значениями в Y , непрерывные и равномерно ограниченные вместе с первыми производными по x .

Под линейной независимостью понимается: любое решение уравнения (11) может быть получено путем линейной комбинации решений y_1, y_2 с вещественными положительными коэффициентами и при соответствующем выборе единичных элементов C_1, C_2 , т. е. в виде: $y(x, \varepsilon) = c_1 y_1(x, \varepsilon) + c_2 y_2(x, \varepsilon)$.

Не нарушая общности, положим $y_0 = \theta$ ($y_0(x) \equiv \theta$). Тогда $c_1 = \tilde{c}_1(\varepsilon), c_2 = \tilde{c}_2(\varepsilon)$, где $\tilde{c}_1(\varepsilon), \tilde{c}_2(\varepsilon)$ ограничены для $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon^{**}$. Получаем: $y(x, \varepsilon) \rightarrow \theta$ при $\varepsilon \rightarrow 0, y'(x, \varepsilon) \rightarrow \theta$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ и $x \neq x_0$.

3. Рассмотрим нелинейное уравнение

$$\varepsilon y'' = F(x, y, y', \varepsilon), \quad (12)$$

где $F \in Y$ и в самом общем имеет вид: $F(x, y, y', \varepsilon) = p_0(x) y' + \varepsilon p_1(x) y' + A y + \varepsilon a(x, \varepsilon) + \varepsilon b(x, y, y^{[1]}, \varepsilon) y + \varepsilon c(x, y, y^{[1]}, \varepsilon) y^{[1]} + \varepsilon d(x, y, y^{[1]}, \varepsilon) y^2 + \varepsilon e(x, y, y^{[1]}, \varepsilon) y y^{[1]} + \varepsilon f(x, y, y^{[1]}, \varepsilon) y^{[1]2}$. Здесь веще-

ственная функция $p_0(x) \leq \alpha < 0$ и функция $p_1(x) \in \overline{\{A^s\}}$ определены для $x \in [x_0, x_1]$ ($x_1 > x_0$), непрерывны вместе со своими производными по крайней мере до 2-го порядка включительно; $A \in \{Y \rightarrow Y\}$; a, b, c, d, e, f — функции со значениями соответственно в Y , $\{Y \rightarrow Y\}$, $\{Y \rightarrow Y\}$, $[Y_2 \rightarrow Y]$, $[Y_2 \rightarrow Y]$, $[Y_2 \rightarrow Y]$ ($[Y_2 \rightarrow Y]$ — пространство билинейных, симметричных операторов) определены для $x_0 \leq x \leq x_1$, $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_1$, y и $y^{[1]}$ из некоторых окрестностей соответственно точек $y_0 = \theta \in Y$, $y_0^{(1)} = \theta \in Y$.

Предельное дифференциальное уравнение

$$p_0(x) y' + Ay = d(x, y, \theta, 0) y^2 = \theta \quad (13)$$

имеет решение $y_0(x) \equiv \theta$, удовлетворяющее $y_0(x_0) = \theta$.

Предположим:

1. Функции a, b, c, d, e, f непрерывны по x , равномерно ограничены, аналитические относительно y , $y^{[1]}$ соответственно из некоторых окрестностей точек $y_0 = \theta$, $y_0^{[1]} = \theta$.

Из I следует: при любом заданном элементе $y'_0 \in Y$ уравнение (12) для $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_2$ ($0 < \varepsilon_2 \leq \varepsilon_1$) имеет единственное решение $y(x, \varepsilon)$ для $x_0 \leq x \leq x_1$ ($0 < r \leq x_1$), удовлетворяющее начальным условиям $y(x_0, \varepsilon) = \theta$, $y'(x_0, \varepsilon) = y'_{0[2]}$.

Теорема 3. Решение $y(x, \varepsilon)$ уравнения (12) при $\varepsilon \rightarrow 0$ стремится к решению $y_0(x) \equiv \theta$ предельного уравнения (13) порядка ε в смысле нормы для всех $x_0 \leq x \leq x_1$. При этом $\|y'(x, \varepsilon)\|$ может не стремиться к нулю при $\varepsilon \rightarrow 0$, но остается ограниченной для всех $x_0 \leq x \leq x_1$. Реализацией в пространстве $C_{[a, b]}$ может служить уравнение

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{\partial^2 y(x, s)}{\partial x^2} &= p_0(x) \frac{\partial y(x, s)}{\partial x} + \varepsilon p_1(x) \int_a^b A(s, t) \int_a^b A(t, \tau) \frac{\partial y(x, \tau)}{\partial x} d\tau dt + \\ &+ \int_a^b A(s, t) y(x, t) dt + \int_a^b \int_a^b \left[\sum_{k=0}^{\infty} \int_a^b \dots \int_a^b d_k(x, s, \varepsilon, t_1, t_2, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \times \right. \\ &\times y(\tau_1) y(\tau_2) \dots y(\tau_k) d\tau_1 \dots d\tau_k \left. \right] y(t_1) y(t_2) dt_1 dt_2, \end{aligned}$$

где функции $p_0(x) \leq \alpha < 0$, $p_1(x) \in C_{[x_0, x_1]}^{(2)}$; d_{kl} непрерывны относительно всех аргументов и удовлетворяют условиям

$$\max_{\substack{x_0 \leq x \leq x_1 \\ 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_1 \\ a \leq s, t_1, t_2 \leq b}} \int_a^b \dots \int_a^b |d_{kl}(x, s, \varepsilon, t_1, t_2, \tau_1, \dots, \tau_n)| d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_n \leq LM^k N^l$$

(L, M, N — постоянные).

Новосибирский институт инженеров
геодезии, аэрофотосъемки и картографии

Поступило
21 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. А. Люстерник, В. И. Соболев, Элементы функционального анализа, М.—Л., 1951. ² М. К. Гавурин, Уч. зап. ЛГУ, в. 19, 59 (1950). ³ Э. Хилл, Функциональный анализ и полугруппы, пер. с англ., М., 1951. ⁴ G. Birkhoff, Trans. Am. Math. Soc., 9, 219 (1908). ⁵ W. Wasow, Comm. Math., 9, 1, 93 (1956). ⁶ J. Ritt, Ann. Math., 18, 18 (1916—1917).

Г. КАНГРО

ОБ ОБОБЩЕНИИ ОДНОЙ ТЕОРЕМЫ МУРА

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 25 IV 1958)

Последовательность $\{\varepsilon_k\}$ называется последовательностью множителей сходимости второго (первого) рода относительно данного множества рядов \mathfrak{X} , если каждый ряд $\sum x_k$ из \mathfrak{X} порождает сходящийся ряд $\sum \varepsilon_k x_k$ ($\sum \varepsilon_k (x_0 + x_1 + \dots + x_k)$). В случае абсолютной сходимости ряда $\sum \varepsilon_k x_k$ ($\sum \varepsilon_k (x_0 + x_1 + \dots + x_k)$) говорят о множителях абсолютной сходимости второго (первого) рода.

Пусть $A = (a_{nk})$ — нормальная матрица, т. е. $a_{nk} = 0$ при $k > n$, $a_{kk} \neq 0$. Говорят, что ряд $\sum x_k$ A -суммируем (A -ограничен, $|A|$ -суммируем), если последовательность $\{x'_n\}$, определяемая формулой

$$x'_n = \sum_{k=0}^n a_{nk} x_k \quad (n = 0, 1, \dots), \quad (1)$$

сходится (ограничена, абсолютно сходится).

В случае метода суммирования Вороного — Нёрлунда, для которого $a_{nk} = P_n^{-1} P_{n-k}$ ($\{P_k\}$ — данная последовательность, $P_k \neq 0$), Мур (1) доказал, что, если метод Вороного — Нёрлунда регулярен и удовлетворяет условию

$$\sum k |d_k| < \infty, \quad (2)$$

где d_k определяется из соотношения

$$\sum k |d_k| < \infty,$$

то $\{\varepsilon_k\}$ является последовательностью множителей сходимости второго рода относительно множества рядов, суммируемых методом Вороного — Нёрлунда, тогда и только тогда, когда:

$$1) \varepsilon_k = O(P_k^{-1}) \quad (k = 0, 1, \dots),$$

$$2) \sum \left| P_k \sum_{v=k}^{\infty} d_{v-k} \varepsilon_v \right| < \infty.$$

В настоящей заметке теорема Мура обобщается на случай, когда x_k — элементы некоторого банахова пространства X ; ε_k — ограниченные линейные операторы из X в банахово пространство Y и (a_{nk}) — любая нормальная числовая матрица, подчиненная условию

$$\sum v D_v < \infty, \quad (3)$$

* Если не указано противное, то индексы суммирования пробегают все целочисленные значения $0, 1, \dots$

где $D_v = \sup_k |a_{v+k, v+k} a'_{v+k, k}|$, $(a'_{nk}) = (a_{nk})^{-1}$. При этом множество всех A -суммируемых * (A -ограниченных, $|A|$ -суммируемых) рядов в X обозначается просто через $A(A_0, |A|)$.

Теорема 1. Для того чтобы $\{\varepsilon_k\}$ была последовательностью множителей сходимости второго рода относительно A , необходимо и достаточно выполнение условий:

$$1) \sum a'_k \varepsilon_k x \text{ сходится при } x \in X;$$

$$2) \|\varepsilon_k\| = O(a_{kk}) \quad (k = 0, 1, \dots);$$

$$3) \left\| \sum_{k=0}^p A_k x_k \right\| = O(1) \quad (\|x_k\| \leq 1; p = 0, 1, \dots),$$

$$\text{где } a'_k = \sum_{v=0}^{\infty} a'_{kv}, \quad A_k = \sum_{v=k}^{\infty} a'_{v-k} \varepsilon_v.$$

Доказательство. Поскольку имеем

$$\sum_{k=0}^n \varepsilon_k x_k = \sum_{k=0}^n A_{nk} x'_k,$$

где x'_k определяется формулой (1) и $A_{nk} = \sum_{v=k}^n a'_{v-k} \varepsilon_v$, то $\{\varepsilon_k\}$ является последовательностью множителей сходимости второго рода относительно A тогда и только тогда, когда преобразование

$$y_n = \sum_{k=0}^n A_{nk} x'_k \quad (n = 0, 1, \dots) \quad (4)$$

переводит каждую сходящуюся последовательность $\{x'_k\} \subset X$ в сходящуюся же последовательность $\{y_n\} \subset Y$. Для этого, согласно (2), необходимо и достаточно, чтобы:

$$а) \text{ существовал } \lim_{n \rightarrow \infty} A_{nk} x = A_k x \quad (x \in X; k = 0, 1, \dots);$$

$$б) \text{ существовал } \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^n A_{nk} x \quad (x \in X);$$

$$в) \left\| \sum_{k=0}^p A_{nk} x_k \right\| = O(1) \quad (\|x_k\| \leq 1; p \leq n; n = 0, 1, \dots).$$

Условие б) равносильно условию 1 теоремы 1. Из в) вытекает $\|A_{nn}\| = O(1)$, т. е. условие 2). Учитывая а), из в) при $n \rightarrow \infty$ получается условие 3) теоремы 1.

Наоборот, из условия 2) на основании (3) следует выполнение условия а). Далее, ввиду условия 2), мы находим

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^p \|A_k - A_{pk}\| &= \sum_{k=0}^p \left\| \sum_{v=p+1-k}^{\infty} a'_{v+k, k} \varepsilon_{v+k} \right\| \leq \\ &\leq M \left(\sum_{v=1}^{p+1} \sum_{k=p+1-v}^p D_v + \sum_{v=p+2}^{\infty} \sum_{k=0}^p D_v \right) < M \sum_v v D_v, \end{aligned}$$

где M — постоянная. В силу (3) теперь из условия 3) вытекает в). Теорема 1 доказана.

Отметим, что если $a_{n0} = 1$ ($n = 0, 1, \dots$), то $a'_k = 0$ при $k > 0$, $a'_0 = 1$ и условие 1) теоремы 1 выполнено. В частности, если A — регулярный

* Предельные процессы в X (а также в Y) понимаются в смысле сильной сходимости.

метод суммирования Вороного — Нёрлунда, то (2) обеспечивает выполнение условия (3) и из теоремы 1 получается обобщение теоремы Мура на абстрактные множители сходимости.

Теорема 1 также применима, если A — метод суммирования взвешенных средних арифметических ⁽³⁾. Тогда условие (3) выполнено, если A регулярен и удовлетворяет условию $P_{k+1}^{-1}p_{k+1} = O(P_k^{-1}p_k)$.

Используя теоремы, дающие необходимые и достаточные условия для того чтобы (4) преобразовало каждую ограниченную, соответственно абсолютно сходящуюся последовательность пространства X в сходящуюся последовательность пространства Y или каждую абсолютно сходящуюся последовательность пространства X в абсолютно сходящуюся последовательность Y ⁽⁴⁾, можно доказать справедливость следующих двух теорем. При этом по-прежнему предполагается, что матрица $A = (a_{nk})$ нормальна и удовлетворяет условию (3).

Теорема 2. Для того чтобы $\{\varepsilon_k\}$ была последовательностью множителей сходимости второго рода относительно A_0 , необходимо и достаточно выполнение условий:

$$1) \|\varepsilon_k\| = o(a_{kk}) \quad (k = 0, 1, \dots);$$

$$2) \sum A_k x_k \text{ сходится равномерно при } \|x_k\| \leq 1.$$

Теорема 3. Для того чтобы $\{\varepsilon_k\}$ была последовательностью множителей (абсолютной) сходимости второго рода относительно $|A|$, необходимо и достаточно выполнение условий:

$$1) \sum a'_k \varepsilon_k x \text{ сходится (абсолютно) при } x \in X;$$

$$2) \|\varepsilon_k\| = O(a_{kk}) \quad (k = 0, 1, \dots).$$

Примечание. Теоремы 1—3 оказываются справедливыми для множителей сходимости, соответственно абсолютной сходимости первого рода, если в этих теоремах (а также в условии (3)) заменить a_{nk} на $a_{nk} - a_{n, k+1}$.

Тартуский
государственный университет

Поступило
8 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ C. N. Moore, Summable Series and Convergence Factors, 1938. ² K. Zeller, Math. Zs., 56, 18 (1952). ³ Г. Кангро, ДАН, 99, 9 (1954). ⁴ Г. Кангро, Изв. АН ЭССР, сер. техн. и физ.-матем. наук, 5, № 2, 109 (1956).

Б. Р. ЛАВРУК

О ЗАВИСИМОСТИ ИНДЕКСА ОДНОГО ОПЕРАТОРА ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА ОТ СТАРШИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 15 IV 1958)

Эта статья естественно примыкает к работе ⁽¹⁾; здесь будут использованы обозначения и понятия, введенные в ⁽¹⁾. Рассматривается оператор $\left(A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ указанного в ⁽¹⁾ вида и доказывается:

Теорема. Индекс оператора $\left(A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ не меняется при произвольных изменениях старших коэффициентов операторов $A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)$ и $B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)$, если в процессе этих изменений не нарушаются четыре условия: условие эллиптичности оператора $A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)$; условие

$$\det \sum_{i=1}^n B_i(y) v_i(y) \neq 0 \quad (y \in S),$$

$v(y) = (v_1(y), \dots, v_n(y))$ — единичный вектор внутренней нормали к поверхности S , ограничивающей область V , в которой рассматривается граничная задача, соответствующая оператору $\left(A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$, и условия приводимости граничных задач, соответствующих операторам $\left(A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ и $\left(A^*\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B^*\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ к регулярным интегральным уравнениям ⁽³⁾.

Доказательство. Основано на свойствах матрицы $\Gamma(x, z)$, описанных в ⁽¹⁾.

Пусть сначала число l линейно независимых решений граничной задачи

$$A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)u(x) = 0 \quad (x \in V); \quad (I_0^*)$$

$$\lim_{x \rightarrow y} B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)u(x) = 0 \quad (y \in S) \quad (II_0^*)$$

не меньше числа m линейно независимых решений задачи

$$A^*\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right)v(x) = 0 \quad (x \in V); \quad (I_0^*)$$

$$\lim_{x \rightarrow y} B^*\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)v(x) = 0 \quad (y \in S). \quad (II_0^*)$$

* Определение оператора $\left(A^*\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B^*\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ см. в ⁽²⁾.

Тогда матрица

$$\Gamma_0(x, z) = \Gamma(x, z) + \sum_{k=1}^m u_k(x) v_k^*(z) \quad (x, z \in V \cup S, x \neq z) \quad (1)$$

обладает всеми свойствами матрицы $\Gamma(x, z)$, за исключением свойств (2) в (1), которые заменены следующими:

$$\begin{aligned} \int_S u_i^*(z) \Gamma_0^*(z, x) dz S &= \begin{cases} v_i(x) & (i = 1, \dots, m), \\ 0 & (i = m+1, \dots, l); \end{cases} \\ \int_S \Gamma_0(x, z) v_i(z) dz S &= u_i(x) \quad (i = 1, \dots, m). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь, как и в (1), $u_1(x), \dots, u_l(x); u_1(x), \dots, u_l(x)$ и $v_1(x), \dots, v_m(x), v_1(x), \dots, v_m(x)$ — пары полных биортогональных на S систем линейно независимых решений задач (I_0) , (II_0) и (I_0^*) , (II_0^*) соответственно. Для неоператорных матриц под A^* понимаются транспонированную матрицу A .

Пусть $\hat{A}_{ij}(x)$ ($i, j = 1, \dots, n$) — дважды непрерывно дифференцируемые в $V \cup S$, а $\hat{B}_i(y)$ ($i = 1, \dots, n$) — непрерывно дифференцируемые вдоль S матрицы порядка p такие, что для оператора

$$\left(A \left(x, \frac{\partial}{\partial x} \right) + \sum_{i,j=1}^n \hat{A}_{ij}(x) \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j}, B \left(y, \frac{\partial}{\partial x} \right) + \sum_{i=1}^n B_i(y) \frac{\partial}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

выполнены первые два условия теоремы. Тогда, не ограничивая общности, можно считать, что

$$\sum_{i,j=1}^n \hat{A}_{ij}(y) v_i(y) v_j(y) = \sum_{i=1}^n \hat{B}_i(y) v_i(y) = 0 \quad (y \in S).$$

Поэтому решения граничных задач

$$A \left(x, \frac{\partial}{\partial x} \right) \hat{u}(x) + \sum_{i,j=1}^n \hat{A}_{ij}(x) \frac{\partial^2 \hat{u}(x)}{\partial x_i \partial x_j} = 0 \quad (x \in V); \quad (\hat{I}_0)$$

$$\lim_{x \rightarrow y} \left[B \left(y, \frac{\partial}{\partial x} \right) \hat{u}(x) + \sum_{i=1}^n \hat{B}_i(y) \frac{\partial \hat{u}(x)}{\partial x_i} \right] = 0 \quad (y \in S); \quad (\hat{II}_0)$$

$$\begin{aligned} A^* \left(x, \frac{\partial}{\partial x} \right) \hat{v}(x) + \sum_{i,j=1}^n \hat{A}_{ij}^*(x) \frac{\partial^2 \hat{v}(x)}{\partial x_i \partial x_j} + 2 \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial \hat{A}_{ij}^*(x)}{\partial x_i} \frac{\partial \hat{v}(x)}{\partial x_j} + \\ + \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial^2 \hat{A}_{ij}^*(x)}{\partial x_i \partial x_j} \hat{v}(x) = 0 \quad (x \in V); \quad (\hat{I}_0^*) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow y} \left\{ B^* \left(y, \frac{\partial}{\partial x} \right) \hat{v}(x) + \sum_{i=1}^n \left[2 \sum_{k=1}^n \hat{A}_{ik}^*(y) v_k(y) - \hat{B}_i^*(y) \right] \frac{\partial \hat{v}(x)}{\partial x_i} \right\} + \\ + \sum_{i,j=1}^n \left\{ \frac{\partial \hat{A}_{ij}^*(y)}{\partial y_i} + \frac{\partial \left[\left(\sum_{k=1}^n \hat{A}_{ik}^*(y) v_k(y) - \hat{B}_i^*(y) \right) v_j(y) \right]}{\partial y_i} - \right. \\ \left. - \frac{\partial \left[\left(\sum_{k=1}^n \hat{A}_{jk}^*(y) v_k(y) - \hat{B}_j^*(y) \right) v_i(y) \right]}{\partial y} \right\} v_j(y) \hat{v}(y) = 0 \quad (y \in S) \quad (\hat{II}_0^*) \end{aligned}$$

по формулам

$$\begin{aligned}\hat{u}(x) &= \int_V \Gamma_0(x, z) A\left(z, \frac{\partial}{\partial z}\right) \hat{u}(z) dz + \int_S \Gamma_0(x, z) B\left(z, \frac{\partial}{\partial z}\right) \hat{u}(z) d_z S + \\ &\quad + \sum_{k=1}^l u_k(x) \int_S u_k^*(z) \hat{u}(z) d_z S, \\ \hat{v}(x) &= \int_V \Gamma_0^*(z, x) F(z) dz + \int_S \Gamma_0^*(z, x) f(z) d_z S \quad (x \in V \cup S)\end{aligned}$$

отображаются из решений соответствующих двух пар сингулярных интегральных уравнений, причем первая формула дает взаимно-однозначное отображение, а посредством второй, в силу (2), ровно $l - m$ линейно независимых решений соответствующей пары сингулярных уравнений переходят в тривиальные решения задачи $(I_0^*), (II_0^*)$. При малых матрицах $\hat{A}_{ij}(x)$ ($i, j = 1, \dots, n; x \in V \cup S$), $\hat{B}_i(y)$ ($i = 1, \dots, n; y \in S$) сингулярная часть ядра имеет резольвенту и обе пары сингулярных интегральных уравнений эквивалентно приводятся к двум сопряженным парам регулярных уравнений.

Отсюда при достаточной гладкости матриц $\hat{A}_{ij}(x)$ и $\hat{B}_i(y)$, а также выполнении для оператора (3) и ему сопряженного остальных двух условий теоремы ее утверждение получается легко. При $l < m$ вместо матрицы (1) берут матрицу

$$\Gamma_0(x, z) = \Gamma(x, z) + \sum_{k=1}^l u_k(x) v_k^*(z) \quad (x, z \in V \cup S; x \neq z).$$

Аналогично можно показать, что индекс оператора $\left(A\left(x, \frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ не меняется при изменении поверхности S области V , если в процессе этого изменения не нарушаются четыре указанные в теореме условия.

Используя это утверждение, легко убедиться в том, что индекс оператора $\left(A\left(\frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ равен нулю, если коэффициенты A_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$)

оператора $A\left(\frac{\partial}{\partial x}\right)$ постоянны, а коэффициенты $B_i(y) = \sum_{j=1}^n B_{ij} \gamma_j(y)$

($i = 1, \dots, n$), $\det \sum_{i,j=1}^n B_{ij} \gamma_i(y) \gamma_j(y) \neq 0$ ($y \in S$), где все B_{ij} постоянны (очевидно, так же как в ⁽¹⁾, и здесь предполагается, что граничные задачи

соответствующие операторам $\left(A\left(\frac{\partial}{\partial x}\right), B\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ и $\left(A^*\left(\frac{\partial}{\partial x}\right), B^*\left(y, \frac{\partial}{\partial x}\right)\right)$ приводимы к регулярным интегральным уравнениям Я. Б. Лопатинского).

Львовский государственный университет
им. Ив. Франко

Поступило
14 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. Р. Лаврук, ДАН, 111, № 2 (1956). ² Б. Р. Лаврук, Докл. АН УССР № 3 (1956). ³ Я. Б. Лопатинский, Укр. матем. журн., 5, 123 (1953).

Г. С. МАКАЕВА

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ РЕШЕНИЙ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ,
СИСТЕМЫ «БЫСТРЫХ ДВИЖЕНИЙ» КОТОРЫХ БЛИЗКИ
К ГАМИЛЬТОНОВЫМ

(Представлено академиком П. С. Александровым 18 IV 1958)

Рассматривается система дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\varepsilon \frac{dx}{dt} &= \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial y} + \varepsilon X(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \varepsilon \frac{dy}{dt} &= -\frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial x} + \varepsilon Y(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \frac{dz_j}{dt} &= Z_j(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon) \quad (j = 1, 2, \dots, l),\end{aligned}\quad (1)$$

где ε — малый положительный параметр.

Задача: исследовать эту систему и вывести из нее известные результаты В. М. Волосова (¹⁻⁵) была поставлена Л. С. Понтрягиным в его докладе на семинаре В. И. Смирнова в Ленинграде в апреле 1957 г.

В быстрое время $\tau = t/\varepsilon$ система (1) имеет вид

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau} &= \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial y} + \varepsilon X(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \frac{dy}{d\tau} &= -\frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial x} + \varepsilon Y(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \frac{dz_j}{d\tau} &= \varepsilon Z_j(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon) \quad (j = 1, 2, \dots, l).\end{aligned}\quad (2)$$

При $\varepsilon = 0$ система (2) переходит в гамильтонову систему

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau} &= \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial y}, \\ \frac{dy}{d\tau} &= -\frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial x}, \\ \frac{dz_j}{d\tau} &= 0 \quad (j = 1, \dots, l).\end{aligned}\quad (3)$$

Первый интеграл

$$H(x, y, z_1, \dots, z_l) = h \quad (4)$$

представляет семейство всех фазовых траекторий системы (3) на каждой плоскости $z_j = \text{const}$ ($j = 1, \dots, l$) евклидова пространства E_{2+l} переменных x, y, z_1, \dots, z_l .

Возьмем некоторую точку $(x^0, y^0, z_1^0, \dots, z_l^0)$ из E_{2+l} , не являющуюся положением равновесия системы (3). $h^0 = H(x^0, y^0, z_1^0, \dots, z_l^0)$, z_1^0, \dots, z_l^0

определяют только одну фазовую траекторию системы (3) $H(x, y, z_1^0, \dots, z_l^0) = h^0$, проходящую через $(x^0, y^0, z_1^0, \dots, z_l^0)$. Пусть эта фазовая траектория замкнута. Тогда в пространстве E_{2+l} существует некоторая окрестность G этой траектории, в которой: 1) фазовые траектории системы (3) замкнуты; 2) каждый комплекс (h, z_1, \dots, z_l) из окрестности $(h^0, z_1^0, \dots, z_l^0)$ определяет только одну фазовую траекторию системы (3); 3) на каждой фазовой траектории (4) системы (3) можно выбрать по одной начальной точке $\{\alpha(h, z_1, \dots, z_l), \beta(h, z_1, \dots, z_l)\}$, например, пересечением фазовых траекторий (4) некоторой гладкой кривой, проходящей через $\{x^0, y^0\}$ и не касающейся фазовой траектории $H(x, y, z_1, \dots, z_l) = H(x^0, y^0, z_1, \dots, z_l)$ в точке $(x^0, y^0, z_1, \dots, z_l)$.

Исследуем решение системы (1) $x(t, \varepsilon), y(t, \varepsilon), z_1(t, \varepsilon), \dots, z_l(t, \varepsilon)$, проходящее через любую точку $(x_0, y_0, z_{10}, \dots, z_{l0})$ из G при $t = t_0$.

Теорема. Пусть функции $H(x, y, z_1, \dots, z_l)$, $\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)/\partial x$, $\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)/\partial y$ определены и непрерывны в G вместе с частными производными по всем переменным до второго порядка включительно, а функции $X(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon)$, $Y(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon)$, $Z_j(x, y, z_1, \dots, z_l, \varepsilon)$ ($j = 1, 2, \dots, l$) непрерывны в G вместе с частными производными до первого порядка включительно и дифференцируемы по ε при $\varepsilon \geq 0$.

Тогда существует такое ε_0 , что при любом $0 < \varepsilon \leq \varepsilon_0$:

1) Функции $h(t, \varepsilon) = H(x(t, \varepsilon), y(t, \varepsilon), z_1(t, \varepsilon), \dots, z_l(t, \varepsilon))$, $z_1(t, \varepsilon), \dots, z_l(t, \varepsilon)$ на $[t_0, L]$ совпадают с точностью до величин порядка $o(\varepsilon)$ с решением $\bar{h}(t), \bar{z}_1(t), \dots, \bar{z}_l(t)$ автономной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, не зависящих от ε :

$$\frac{dh}{dt} = A(h, z_1, \dots, z_l),$$

$$\frac{dz_j}{dt} = A_j(h, z_1, \dots, z_l) \quad (j = 1, \dots, l), \quad (5)$$

проходящим при $t = t_0$ через $h_0 = H(x_0, y_0, z_{10}, \dots, z_{l0})$, z_{10}, \dots, z_{l0} и остающимся в G вместе с некоторой ρ -окрестностью на конечном промежутке $[t_0, L]$. В (5) функции $A(h, z_1, \dots, z_l)$, $A_j(h, z_1, \dots, z_l)$ ($j = 1, \dots, l$) выражаются через функции правых частей системы (1) по формулам

$$A = \frac{1}{T} \oint_{H=h} \left[X \frac{\partial H}{\partial x} + Y \frac{\partial H}{\partial y} + \sum_{i=1}^l Z_i \frac{\partial H}{\partial z_i} \right] \left[\left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right]^{-1/2} ds, \quad (6)$$

$$A_j = \frac{1}{T} \oint_{H=h} Z_j \left[\left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right]^{-1/2} ds \quad (j = 1, \dots, l),$$

где $X = X(x, y, z_1, \dots, z_l, 0)$; $Y = Y(x, y, z_1, \dots, z_l, 0)$; $Z_j = Z_j(x, y, z_1, \dots, z_l, 0)$; $H = H(x, y, z_1, \dots, z_l)$; $T = T(h, z_1, \dots, z_l)$; s — длина дуги фазовой траектории (4).

$H(x, y, z_1, \dots, z_l) = h$ (h, z_1, \dots, z_l фиксированные)

2) Функции $x(t, \varepsilon)$, $y(t, \varepsilon)$ с точностью до величин порядка $o(\varepsilon)$ совпадают с функциями

$$x(t, \varepsilon) = \quad (7)$$

$$= x^* \left(\varphi(t_0) + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t \frac{1}{T[\bar{h}(r), \bar{z}_1(r), \dots, \bar{z}_l(r)]} dr + v(t, \varepsilon), \bar{h}(t), \bar{z}_1(t), \dots, \bar{z}_l(t) \right)$$

$$y(t, \varepsilon) = \quad (8)$$

$$= y^* \left(\varphi(t_0) + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t \frac{1}{T[\bar{h}(r), \bar{z}_1(r), \dots, \bar{z}_l(r)]} dr + v(t, \varepsilon), \bar{h}(t), \bar{z}_1(t), \dots, \bar{z}_l(t) \right)$$

е $x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l)$ и $y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l)$ являются периодическими о φ с периодом 1, причем

$$\begin{aligned}x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l) &= \tilde{x}(T\varphi, h, z_1, \dots, z_l) = \tilde{x}(\tau, h, z_1, \dots, z_l), \\y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l) &= \tilde{y}(T\varphi, h, z_1, \dots, z_l) = \tilde{y}(\tau, h, z_1, \dots, z_l);\end{aligned}$$

$\tilde{x}(\tau, h, z_1, \dots, z_l)$, $\tilde{y}(\tau, h, z_1, \dots, z_l)$ является решением системы (3), проходящим через $\{\alpha(h, z_1, \dots, z_l), \beta(h, z_1, \dots, z_l)\}$ при $\tau = 0$, период этого решения $T(h, z_1, \dots, z_l)$; $\varphi_0 = \varphi(t_0)$ находится из $x_0 = x^*(\varphi_0, h_0, z_{10}, \dots, z_{l0})$, $y_0 = y^*(\varphi_0, h_0, z_{10}, \dots, z_{l0})$ (о функции $\gamma(t, \varepsilon) = \varphi(t, \varepsilon)$ — $\varphi(t, \varepsilon)$ будет сказано ниже).

Доказательство. Замена переменных x, y на φ, h по формуле

$$x = x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), \quad y = y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l) \quad (9)$$

переводит систему (1) в систему

$$\begin{aligned}\frac{dh}{dt} &= \mathfrak{A}(\varphi, h, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \frac{dz_j}{dt} &= \mathfrak{A}_j(\varphi, h, z_1, \dots, z_l, \varepsilon), \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \frac{1}{\varepsilon T(h, z_1, \dots, z_l)} + \\ &+ \frac{1}{T(h, z_1, \dots, z_l)} \left[X \frac{\partial y^*}{\partial h} - Y \frac{\partial x^*}{\partial h} + \sum_{i=1}^l Z_i \left(\frac{\partial x^*}{\partial h} \frac{\partial y^*}{\partial z_i} - \frac{\partial y^*}{\partial h} \frac{\partial x^*}{\partial z_i} \right) \right],\end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\mathfrak{A} = X \frac{\partial H}{\partial x} + Y \frac{\partial H}{\partial y} + \sum_{i=1}^l Z_i \frac{\partial H}{\partial z_i}, \quad \mathfrak{A}_j = Z_j,$$

$$\begin{aligned}X &= X[x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), z_1, \dots, z_l, \varepsilon], \\ Y &= Y[x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), z_1, \dots, z_l, \varepsilon], \\ Z_j &= Z_j[x^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), y^*(\varphi, h, z_1, \dots, z_l), z_1, \dots, z_l, \varepsilon].\end{aligned}$$

Но решение системы (10) $h(t, \varepsilon)$, $z_1(t, \varepsilon)$, \dots , $z_l(t, \varepsilon)$, $\varphi(t, \varepsilon)$, проходящее через $h_0, z_{10}, \dots, z_{l0}$, φ_0 при $t = t_0$, связано с решением $\bar{h}(t)$, $\bar{z}_1(t)$, \dots , $\bar{z}_l(t)$, $\bar{\varphi}(t, \varepsilon)$ усредненной системы

$$\begin{aligned}\frac{dh}{dt} &= \int_0^1 \mathfrak{A}(\varphi, h, z_1, \dots, z_l, 0) d\varphi \equiv A(h, z_1, \dots, z_l), \\ \frac{dz_j}{dt} &= \int_0^1 \mathfrak{A}_j(\varphi, h, z_1, \dots, z_l, 0) d\varphi \equiv A_j(h, z_1, \dots, z_l) \quad (j = 1, \dots, l), \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \frac{1}{\varepsilon T(h, z_1, \dots, z_l)},\end{aligned} \quad (11)$$

проходящим через ту же начальную точку $h_0, z_{10}, \dots, z_{l0}$, φ_0 , следующим образом:

$$\begin{aligned}|h(t, \varepsilon) - \bar{h}(t)| &\leq o(\varepsilon), \\ |z_j(t, \varepsilon) - \bar{z}_j(t)| &\leq o(\varepsilon), \\ |\varphi(t, \varepsilon) - \bar{\varphi}(t, \varepsilon)| &\leq o(1) \quad (o(\varepsilon) > 1, o(1) > 0).\end{aligned} \quad (12)$$

Соотношения (12) и (9) доказывают теорему.

Замечание. Доказывается также, что если точка $(x_0, y_0, z_{10}, \dots, z_{l0})$ из E_{2+l} является особой точкой системы (3) типа невырожденно-го центра, то существует некоторая окрестность G_0 этой точки, где при выполнении условий теоремы решение системы (1) $x(t, \varepsilon), y(t, \varepsilon), z_1(t, \varepsilon), \dots, z_l(t, \varepsilon)$, проходящее через $x_{00}, y_{00}, z_{10}, \dots, z_{l0}$ при $t = t_0$, совпадает на промежутке $[t_0, L]$ с точностью до величины порядка $o(\varepsilon)$ с решением вырожденной системы

$$\begin{aligned} \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial y} &= 0 \quad (|x_0 - x_{00}| + |y_0 - y_{00}| \leq o(\varepsilon)), \\ \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_l)}{\partial x} &= 0, \\ \frac{dz_j}{dt} &= Z_j(x, y, z_1, \dots, z_l, 0) \quad (j = 1, \dots, l), \end{aligned} \quad (13)$$

проходящим через $x_0, y_0, z_{10}, \dots, z_{l0}$ при $t = t_0$ и остающимся в G_0 вместе с некоторой ρ_0 -окрестностью на $[t_0, L]$.

Заметим, что уравнение

$$\mu u^{(n)} + Q(t, u, u', \dots, u^{(n-2)}) = 0, \quad (14)$$

где μ — малый положительный параметр; $Q(t, u, \dots, u^{(n-2)}) = 0$ имеет корень $u^{(n-2)} = f(t, u, \dots, u^{(n-3)})$, $\text{sign } Q = \text{sign } (u^{(n-2)} - f)$; $m|u^{(n-2)} - f| \leq |Q| \leq M|u^{(n-2)} - f|$; m, M — некоторые положительные постоянные, рассматриваемое в (1-4), приводится заменой

$$t = z_1, \quad u = z_2, \quad \dots, \quad u^{(n-3)} = z_{n-1}, \quad u^{(n-2)} = x, \quad \varepsilon = \sqrt{\mu}, \quad \varepsilon \frac{dx}{dt} = y, \quad (15)$$

$$H(x, y, z_1, \dots, z_{n-1}) = \frac{y^2}{2} + \int_0^x Q(z_1, \dots, z_{n-1}, p) dp$$

к системе

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{dx}{dt} &= \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_{n-1})}{\partial y}, \\ \varepsilon \frac{dy}{dt} &= - \frac{\partial H(x, y, z_1, \dots, z_{n-1})}{\partial x}, \\ \frac{dz_1}{dt} &= 1, \\ \frac{dz_i}{dt} &= z_{i+1} \quad (i = 2, \dots, n-2), \\ \frac{dz_{n-1}}{dt} &= x, \end{aligned} \quad (16)$$

где соответствующая гамильтонова система

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{dx}{dt} &= y, \\ \varepsilon \frac{dy}{dt} &= -Q(z_1, \dots, z_{n-1}, x) \end{aligned}$$

имеет особую точку $x = f(z_1, \dots, z_{n-1}), y = 0$ типа невырожденного центра. Система же (16) является частным случаем системы (1), и результаты работ (1-5) следуют из полученной в настоящей статье теоремы.

В заключение выражаю искреннюю благодарность Л. С. Понтрягину, под руководством которого выполнена эта работа.

Математический институт им. В. А. Стеклова
Академии наук СССР

Поступило
17 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. М. Волосов, ДАН, **73**, № 5, 873 (1950). ² В. М. Волосов, Усп. матем. наук, **5**, в. 5 (39), 145 (1950). ³ В. М. Волосов, Матем. сборн., **30** (72), 2, 245 (1952). ⁴ В. М. Волосов, Матем. сборн., **31** (73), 3, 645 (1952). ⁵ В. М. Волосов, ДАН, **106**, № 1, 7 (1956).

С. И. РАБИНОВИЧ

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ФУНКЦИЯХ В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ ПРИБЛИЖЕНИЯ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 25 IV 1958)

Пусть $W^{(r)}H^{(\alpha)}$ — класс 2π -периодических функций, имеющих производную r -го порядка, удовлетворяющую условию Липшица степени α с константой 1, а $\lambda_k^{(n)}$ ($k = 0, 1, \dots, n+1$; $\lambda_0^{(n)} = 1$; $\lambda_{n+1}^{(n)} = 0$) — треугольная матрица чисел, удовлетворяющих условиям

$$\mu_k^{(n)} \leq \mu_{k+1}^{(n)}, \quad \Delta^2 \mu_k^{(n)} \geq 0, \quad (1)$$

$$\text{где } \mu_k^{(n)} = \frac{1 - \lambda_k^{(n)}}{k^2}.$$

Для каждой функции $f(x) \in W^{(r)}H^{(\alpha)}$ составим последовательность тригонометрических полиномов n -го порядка

$$U_n(f; x; \lambda) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n \lambda_k^{(n)} (a_k \cos kx + b_k \sin kx),$$

где a_k и b_k — коэффициенты Фурье функции $f(x)$, и исследуем вопрос о поведении абсолютной величины уклонения $f(x) - U_n(f; x; \lambda)$.

А. Ф. Тиманом было показано ⁽³⁾, что для любой функции $f(x) \in W^{(r)}H^{(\alpha)}$, где $r \geq 0$ — любое целое число и $0 \leq \alpha < 1$, при $n \rightarrow \infty$ имеет место асимптотическое неравенство

$$\begin{aligned} & |f(x) - U_n(f; x; \lambda)| \leq \\ & \leq \frac{2^{\alpha+1}}{\pi^2 n^\alpha} \int_0^{\pi/2} t^\alpha \sin t dt \cdot \left| \sum_{k=1}^n \frac{\mu_k^{(n)}}{n-k+1} - \frac{\ln n}{n^r} \right| + O\left(\frac{1}{n^{r+\alpha}}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

(в случае $\alpha = 0$ правая часть должна быть увеличена вдвое), причем при каждом n существует функция $\varphi_n(x)$, для которой неравенство (2) обращается в асимптотическое равенство.

Остается, однако, открытым вопрос: существует ли в классе $W^{(r)}H^{(\alpha)}$ функция $f(x)$, не зависящая от n , для которой неравенство (2) обращалось бы в асимптотическое равенство хотя бы вдоль некоторой последовательности значений n . Впервые такой вопрос (применительно к многочленам наилучшего приближения) был рассмотрен С. М. Никольским ⁽²⁾. Целью настоящей работы является решение этого вопроса для линейных методов приближения.

Теорема 1. Если матрица чисел $\lambda_k^{(n)}$ удовлетворяет условиям (1), то для каждого значения $x_0 \in [-\pi; \pi]$ существует функция $f_0(x) \in W^{(r)}H^{(\alpha)}$ ($0 \leq \alpha < 1$, $r \geq 0$ целое), для которой выполняются неравенства

$$|f_0(x_0) - U_{n_i}(f_0; x_0; \lambda)| > \\ > \frac{2^{\alpha+1}}{\pi^2 n_i^\alpha} \int_0^{\pi/2} t^\alpha \sin t \, dt \cdot \left| \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\mu_k^{(n_i)}}{n_i - k + 1} - \frac{\ln n_i}{n_i^r} \right| (1 - \varepsilon_{n_i}), \quad (3)$$

где n_i ($i = 1, 2, \dots$) — некоторая возрастающая последовательность натуральных чисел и $\varepsilon_{n_i} \rightarrow 0$ при $i \rightarrow \infty$.

Для случаев $\lambda_k^{(n)} = 1$ ($k = 0, 1, \dots, n$), $r = 0$, $0 < \alpha \leq 1$ и $\lambda_k^{(n)} = (k = 0, 1, \dots, n)$, $r = 1, 2, \dots$, $\alpha = 0$ этот результат был получен Г. Я. Дорониным ⁽¹⁾.

Доказательство теоремы 1 опирается на следующую лемму.

Лемма. Если матрица чисел $\lambda_k^{(n)}$ удовлетворяет условиям (1), то для всякого $0 \leq \alpha < 1$ и целого $r \geq 0$ имеют место соотношения

$$\frac{1}{\pi} \int_a^\pi f(t) L_{nr}(t) \, dt = O\left(\frac{1}{n^{r+\alpha}}\right), \\ \frac{1}{\pi} \int_0^{C/n} f(t) L_{nr}(t) \, dt = O\left(\frac{1}{n^{r+\alpha}}\right),$$

где $0 < a \leq \pi$ и C — фиксированные числа;

$$L_{nr}(t) = \sum_{k=0}^n \mu_k^{(n)} \cos\left(kt + \frac{r\pi}{2}\right) + \sum_{k=n+1}^\infty \frac{\cos(kt + r\pi/2)}{k^r}.$$

Равенства (4) имеют место равномерно по всем функциям $f(x) \in W^{(r)}H^{(1)}$.

Для доказательства теоремы рассматривается функция $\varphi_n(x)$, заданная на $[0, \pi]$ равенствами

$$\varphi_n(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x \leq x_1^{(n)}; \\ x_{n-1}^{(n)} \leq x \leq \pi & \text{для } n \text{ четного,} \\ x_{n-2}^{(n)} \leq x \leq \pi & \text{для } n \text{ нечетного;} \\ (-1)^v 2^{\alpha-1} (x - x_v^{(n)})^\alpha, & \text{если } x_v^{(n)} \leq x \leq x_{v+1/2}^{(n)}, \\ & v = 1, 2, \dots, n-2 \text{ для } n \text{ четного,} \\ & v = 1, 2, \dots, n-3 \text{ для } n \text{ нечетного;} \\ (-1)^v 2^{\alpha-1} (x_{v+1}^{(n)} - x)^\alpha, & \text{если } x_{v+1/2}^{(n)} \leq x \leq x_{v+1}^{(n)}, \end{cases}$$

где $x_v^{(n)} = \frac{v+l-r/2}{n} \pi$, l — наименьшее целое число, большее $r/2$.

На основании приведенной леммы устанавливается возможность выбора возрастающей последовательности натуральных чисел $\{n_i\}$ таких, чтобы равномерно по всем функциям $\varphi(x) \in W^{(r)}H^{(x)}$ выполнялись неравенства

$$\frac{1}{\pi} \left| \int_0^{x_1^{(n_i-1)}} \varphi_{n_i}(t) L_{n_i r}(t) \, dt \right| > \\ > \frac{2^\alpha}{\pi^2 n_i^\alpha} \int_0^{\pi/2} t^\alpha \sin t \, dt \cdot \left| \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\mu_k^{(n_i)}}{n_i - k + 1} - \frac{\ln n_i}{n_i^r} \left(1 - \frac{\varepsilon_{n_i}}{3}\right) \right|;$$

$$\left| \frac{1}{\pi} \int_{x_1^{(n_{i-1})}}^{\pi} \varphi(t) L_{n_i r}(t) dt \right| < \frac{2^\alpha}{\pi^2 n_i^2} \int_0^{\pi/2} t^\alpha \sin t dt \cdot \left| \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\mu_k^{(n_i)}}{n_i - k + 1} - \frac{\ln n_i}{n_i^r} \right| \frac{\varepsilon_{n_i}}{3},$$

$$\left| \frac{1}{\pi} \int_0^{x_1^{(n_i)}} \varphi(t) L_{n_i r}(t) dt \right| < \frac{2^\alpha}{\pi^2 n_i^2} \int_0^{\pi/2} t^\alpha \sin t dt \cdot \left| \sum_{k=1}^{n_i} \frac{\mu_k^{(n_i)}}{n_i - k + 1} - \frac{\ln n_i}{n_i^r} \right| \frac{\varepsilon_{n_i}}{3},$$

где $\{\varepsilon_n\}$ — некоторая нуль-последовательность, удовлетворяющая условию

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varepsilon_n \left| \sum_{k=1}^n \frac{\mu_k^{(n)}}{n - k + 1} - \frac{\ln n}{n^r} \right| = \infty$$

и рассматривается 2π -периодическая функция $\varphi_r^*(x)$, заданная на $[-\pi, \pi]$ равенствами

$$\varphi_r^*(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_1^{(n_i)} \leq x \leq x_{v_0}^{(n_i)}; \\ \varphi_{n_i}(x), & \text{если } x_{v_0}^{(n_i)} \leq x \leq \beta_{i-1} \quad (i = 1, 2, \dots); \\ 0, & \text{если } \beta_{i-1} \leq x \leq x_1^{(n_{i-1})}; \end{cases}$$

$$\varphi_r^*(0) = 0;$$

$$\varphi_r^*(-x) = \varphi_r^*(x), \quad \text{если } r \text{ четно};$$

$$\varphi_r^*(-x) = -\varphi_r^*(x), \quad \text{если } r \text{ нечетно}.$$

Здесь β_{i-1} — ближайший слева от $x_1^{(n_{i-1})}$ нуль функции $\varphi_{n_i}(x)$ такой, что $\varphi_{n_i}(\beta_{i-1} - \pi/2n_i)$; v_0 — наименьшее нечетное число, удовлетворяющее условию $v_0 > 2^{\frac{1}{\alpha}-1} + 1$.

Функция $f_0(x)$, определенная для заданного x_0 соотношением

$$f_0^{(r)}(x_0 + x) = \varphi_r^*(x),$$

принадлежит классу $W^{(r)}H^{(\alpha)}$ и удовлетворяет неравенствам (3).

Из теоремы 1 вытекает:

Теорема 2. Для того чтобы линейный метод приближения $U_n(f; x; \lambda)$ при $n \rightarrow \infty$ осуществлял для любой функции $f(x) \in W^{(r)}H^{(\alpha)}$ приближение того же порядка, что и наилучшее, необходимо, чтобы

$$\sum_{k=1}^n \frac{\mu_k^{(n)}}{n - k + 1} = \frac{\ln n}{n^r} + O\left(\frac{1}{n^r}\right).$$

Теорема 2 дополняет теорему 4 работы (1).

Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность А. Ф. Тиману за помощь в выполнении настоящей работы.

Днепропетровский
металлургический институт

Поступило
15 I 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. Я. Дорони́н, ДАН, 69, № 4 (1949). ² С. М. Никольский, Изв. АН СССР, сер. матем., 10, 393 (1946). ³ А. Ф. Тиман, Изв. АН СССР, сер. матем., 17, № 2 (1953).

А. Х. ТУРЕЦКИЙ

О КЛАССЕ НАСЫЩЕНИЯ ДЛЯ МЕТОДА ГЕЛЬДЕРА СУММИРОВАНИЯ РЯДОВ ФУРЬЕ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 25 IV 1958)

Пусть $f(x)$ — непрерывная 2π -периодическая функция и $\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$ — ее ряд Фурье. Обозначим через γ процесс суммирования этого ряда, определенный последовательностью констант γ_k^n ($k=1, \dots, n$, $n=1, 2, \dots$), т. е. γ — процесс приближения функции $f(x)$ с помощью тригонометрических полиномов последовательности

$$P_n^\gamma(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n \gamma_k^n (a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

Фавар (1) поставил следующую задачу: задан процесс суммирования требуется определить класс функций, для которых этот процесс является наилучшим.

Заманский (2, 3) уточняет постановку задачи Фавара и вводит понятие класса насыщения для данного метода суммирования. Он следующим образом определяет это понятие. Если существует возрастающая функция $\varphi_\gamma(n)$ такая, что для любой непрерывной 2π -периодической функции $f(x)$ отличной от постоянной, и любого натурального n имеем $\max_x \varphi_\gamma(n) |P_n^\gamma(x) - f(x)| > a$, где a — положительная константа, зависящая от f , и, кроме того, существуют функции $f(x)$, для которых $\max_x \varphi_\gamma(n) |P_n^\gamma(x) - f(x)| < b$, где $b > 0$ — другая константа, также зависящая от f , то будем говорить, что процесс суммирования γ является насыщенным. Классом насыщения, относящимся к процессу γ , назовем множество непрерывных 2π -периодических функций, отличных от констант и таких, что

$$|P_n^\gamma(x) - f(x)| = O\left(\frac{1}{\varphi_\gamma(n)}\right).$$

Заманский определил классы насыщения, относящиеся к некоторым процессам суммирования (процесс Чезаро, процесс Джексона, процесс Валле-Пуссена и др.).

Фавар в своем обзорном докладе на 3-м Всесоюзном математическом съезде указал, что было бы интересно определить классы насыщения для других методов суммирования, в частности для метода суммирования Гельдера H^r , где $r > 0$. Этот метод определяется следующим образом (4). Пусть

$$\sum_{k=0}^{\infty} A_k \quad (1)$$

данный числовой ряд,

$$s_k = \sum_{v=0}^k A_v \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

его частные суммы. Тогда суммами Гельдера порядка $r > 0$ ряда (1) называют суммы

$$H_n^r = \sum_{k=0}^n C_n^k s_k^r \Delta^{n-k} \frac{1}{(k+1)^r}, \quad (3)$$

где s_k определяется по формуле (2), а

$$\Delta^{n-k} \frac{1}{(k+1)^r} = \sum_{p=0}^{n-k} \frac{(-1)^p C_{n-k}^p}{(k+p+1)^r}.$$

Сумму (3) нетрудно преобразовать к виду

$$H_n^r = \sum_{k=0}^n h_{nk}^r A_k,$$

где

$$h_{n0}^r = 1, \quad h_{nk}^r = n C_{n-1}^{k-1} \sum_{p=0}^{n-k} \frac{(-1)^p C_{n-k}^p}{(p+1)(p+k+1)^r} \quad (k = 1, \dots, n). \quad (4)$$

Применяя метод суммирования Гельдера к ряду Фурье непрерывной 2π -периодической функции $f(x)$, получаем последовательность тригонометрических полиномов

$$H_n^r(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n h_{nk}^r (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \quad (n = 0, 1, 2, \dots),$$

где множители h_{nk}^r определяются формулой (4).

Лемма 1.

$$1 - h_{nk}^r = \frac{k \ln^{r-1} n}{n \Gamma(r)} (1 + \varepsilon_{nk}^r),$$

где $\lim_{n \rightarrow \infty} \varepsilon_{nk}^r = 0$ при фиксированных k и r .

Теорема 1. Пусть задан процесс суммирования γ , определенный последовательностью констант γ_k^n ($k = 1, \dots, n$; $n = 1, 2, \dots$) и существует неотрицательная функция натурального аргумента $\psi(n)$ такая, что $\lim_{n \rightarrow \infty} \psi(n) = 0$, и пусть для всякого фиксированного k

$$1 - \gamma_k^n \sim c_k \psi(n),$$

где $c_k \geq 0$ — константа, зависящая от k . Тогда процесс γ является насыщенным с приближением насыщения порядка $\psi(n)$.

Следствие. Метод суммирования Гельдера порядка $r > 0$ является насыщенным с приближением насыщения порядка $\frac{\ln^{r+1} n}{n}$.

Чтобы найти класс насыщения, относящийся к рассматриваемому процессу приближения, т. е. чтобы найти условия, которым удовлетворяют функции $f(x)$ такие, что

$$|H_n^r(x) - f(x)| = O\left(\frac{\ln^{r-1} n}{n}\right), \quad (5)$$

надо сперва найти условия, при которых

$$\mathcal{E}_n(f) = O\left(\frac{\ln^{r-1}n}{n}\right), \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_n(f)$ — наилучшее приближение функции $f(x)$ тригонометрическими полиномами порядка не выше n , так как функции, удовлетворяющие (5), надо искать в классе функций, удовлетворяющих (6). Для последнего класса справедлива следующая теорема типа Зигмунда, вытекающая из теорем 1 и 8 работы С. Б. Стечкина (5).

Теорема 2. Для того чтобы наилучшее приближение $\mathcal{E}_n(f)$ непрерывной 2π -периодической функции $f(x)$ тригонометрическими полиномами порядка не выше n ($n = 2, 3, \dots$) удовлетворяло условию

$$\mathcal{E}_n(f) = O\left(\frac{\ln^{r-1}n}{n}\right),$$

необходимо и достаточно, чтобы существовала константа $A > 0$ такая, что для всех вещественных значений x и значений h из промежутка $0 \leq h \leq 1/2$ выполняется условие

$$|f(x+h) + f(x-h) - 2f(x)| \leq Ah |\ln|^{r-1}.$$

Лемма 2. Справедливы равенства

$$H_n^r(x) - f(x) = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha/n}^{1/4} \frac{\varphi(t)}{t^2} \sum_{k=1}^{n+1} b_{nk}^r \sin^2 kt \, dt + O\left(\frac{\ln^{r-1}n}{n}\right),$$

$$H_n^r(x) - f(x) =$$

$$= \operatorname{Re} \frac{1}{\pi \Gamma(r)} \int_{\alpha/n}^{1/4} \varphi(t) (1 - i \operatorname{ctg} t) \, dt \int_0^1 \left(\ln \frac{1}{n}\right)^{r-1} [u(e^{2it} - 1) + 1]^n du + O\left(\frac{\ln^{r-1}n}{n}\right),$$

$$H_n^r(x) - f(x) =$$

$$= \operatorname{Re} \frac{\ln^{r-1}n}{\pi n \Gamma(r)} \int_{\alpha/n}^{1/4} \varphi(t) (1 - i \operatorname{ctg} t) \, dt \int_0^n \left(1 - \frac{\ln v}{\ln n}\right)^{r-1} \left[1 + \frac{(e^{2it} - 1)v}{n}\right]^n dv +$$

$$+ O\left(\frac{\ln^{r-1}n}{n}\right),$$

где α — любое фиксированное положительное число;

$$\varphi(t) = f(x+2t) + f(x-2t) - 2f(x); \quad (7)$$

$\operatorname{Re} F(t)$ обозначает вещественную часть комплексной функции $F(t)$; числа b_{nk}^r определяются формулой

$$b_{nk}^r = \frac{C_{n+1}^k}{n+1} \sum_{p=0}^{n+1-k} \frac{(-1)^p C_{n+1-k}^p}{(k+p)^{r-1}} \quad (k = 1, \dots, n+1).$$

Классы насыщения, относящиеся к процессу суммирования Гельдера второго и третьего порядков ($r = 2, r = 3$), определяются следующими теоремами.

Теорема 3. Для того чтобы $|H_n^2(x) - f(x)| = O\left(\frac{\ln n}{n}\right)$, необходимо и достаточно, чтобы интеграл

$$\int_{\varepsilon}^{1/2} \left(1 - \frac{\ln t}{\ln \varepsilon}\right) \frac{f(x+t) + f(x-t) - 2f(x)}{t^2} dt$$

был ограничен равномерно относительно x и $\varepsilon > 0$.

Теорема 4. Для того чтобы $|H_n^3(x) - f(x)| = O\left(\frac{\ln^2 n}{n}\right)$, необходимо и достаточно, чтобы интеграл

$$\int_{\varepsilon}^{1/4} \frac{\varphi(t)}{t^2} \left[\left(1 - \frac{\ln t}{\ln \varepsilon}\right)^2 + \frac{2(C + \ln 2) \ln \frac{t}{\varepsilon} + C'}{\ln^2 \varepsilon} \right] dt$$

был равномерно ограничен относительно x и $\varepsilon > 0$. Здесь $\varphi(t)$ определяется формулой (7), а C и C' — абсолютные константы.

Белорусский государственный университет
им. В. И. Ленина

Поступило
12 XI 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ J. Favard, Bull. Sci. Math., **61**, 209 (1937). ² M. Zaman sky, Ann. Sci. École Norm. Sup. (3), **66**, 19 (1949). ³ M. Zaman sky, Ann. Sci. École Norm. Sup. (3), **7**, 161 (1950). ⁴ Г. Харди, Расходящиеся ряды, ИЛ, 1951. ⁵ С. Б. Стечкин, Изв. АН СССР, сер. матем., **15**, № 3, 219 (1951).

В. А. ЯКУБОВИЧ

ОБ ОГРАНИЧЕННОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ В ЦЕЛОМ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 25 IV 1958)

Рассматриваются системы нелинейных дифференциальных уравнений «непрямого автоматического регулирования» ⁽¹⁾ *

$$\frac{dx}{ds} = Ax + a\varphi(\sigma), \quad \frac{d\sigma}{dt} = (b, x) - \rho\varphi(\sigma), \quad \rho > 0. \quad (1)$$

Непрерывная функция $\varphi(\sigma)$ удовлетворяет условиям

$$\varphi(0) = 0; \quad \sigma\varphi(\sigma) > 0 \quad \text{при } \sigma \neq 0. \quad (2)$$

Система (1) называется устойчивой в целом, если тривиальное решение $x = 0, \sigma = 0$ устойчиво по Ляпунову «в малом» и если, кроме того, любое решение $x \rightarrow 0, \sigma \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$.

Обозначим $\lambda_j, j = 1, \dots, n$, собственные значения матрицы A .

1°. В предыдущей заметке ⁽²⁾ автором был изложен в инвариантной форме метод А. И. Лурье ⁽¹⁾ определения условий устойчивости в целом системы (1). (Необходимые дополнительные доказательства см. также ⁽³⁾.) При этом предполагалось, что все $\operatorname{Re} \lambda_j < 0$.

Одно из необходимых условий устойчивости в целом для любой функции $\varphi(\sigma)$, удовлетворяющей условиям (2), имеет вид

$$\Gamma^2 \equiv \rho + (b, A^{-1}a) > 0. \quad (3)$$

Мы выясним сначала, что дает выполнение одного условия (3).

Лемма. Предположим, что фиксированное решение x, σ существует на интервале $(0, \tau)$ и если $\tau \neq \infty$, то оно не продолжимо на значения $t > \tau$. Пусть в системе (1) $\det A \neq 0$ и выполнено соотношение (3). Тогда

1. Из ограниченности $x(t)$ при $t \rightarrow \tau$ следует ограниченность $\sigma(t)$ при $t \rightarrow \tau$, а также $\tau = \infty$.

2. Если $x(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \tau$, то $\sigma(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \tau$ и само значение $\tau = \infty$.

Теорема 1. Предположим, что в системе (1) функция $\varphi(\sigma)$ ограничена, $|\varphi(\sigma)| \leq \varphi_0, -\infty < \sigma < \infty$, выполнено соотношение (3) $\operatorname{Re} \lambda_j < 0, j = 1, \dots, n$. Тогда любое решение системы (1) существует на бесконечном интервале $(0, \infty)$ и ограничено при $t \rightarrow \infty$. При этом если $\|e^{At}\| < \alpha e^{-\beta t}, \alpha > 0, \beta > 0$, то при $t \geq 0$

$$\|x(t)\| \leq \alpha e^{-\beta t} \|x(0)\| + \frac{\alpha \varphi_0}{\beta} [1 - e^{-\beta t}] \|a\|, \quad (4)$$

$$|\sigma(t)| \leq |\sigma(0)| + 2 \max_{t \geq 0} |(b, A^{-1}x)|. \quad (5)$$

Оценка (4) очевидна; нуждается в доказательстве лишь оценка (5).

2°. Предположим, что матрица A имеет одно нулевое собственное значение и остальные с отрицательными действительными частями. Определим однозначно векторы x_0, y_0, z_0, a_1, b_1 из уравнений $a = a_1 + y_0, Ay_0 = 0, (a_1, z_0) = 0, A^*z_0 = 0, Ax_0 = a_1, (x_0, z_0) = 0, b = b_1 + z_0, (b_1, y_0) = 0$.

* Мы пользуемся здесь теми же обозначениями, что и в заметке ⁽²⁾. Прописные латинские буквы означают матрицы, строчные — векторы, греческие буквы — скалярные величины. При этом исключениями будут: t — время; n — порядок векторов и матриц; i, j — индексы; V — функция Ляпунова. Все матрицы, векторы и числа предполагаются вещественными.

Согласно методу А. И. Лурье следует составить «разрешающие уравнения» ⁽²⁾

$$A^*U + UA = -uu^*, \quad Ua + pu + \frac{1}{2}pb = 0, \quad (6)$$

где матрица U определяется из первого уравнения (6) и подставляется во второе уравнение (6), а вектор u является искомым. Для того чтобы первое уравнение (6) имело решение, необходимо, чтобы $(u, y_0) = 0$. В этом случае матрица U определяется неоднозначно, однако эта неоднозначность не сказывается на окончательном виде разрешающих уравнений. Для устойчивости в целом при любой функции $\varphi(\tau)$, удовлетворяющей условиям (2), необходимо, чтобы $\Gamma^2 \equiv \rho + (b, x_0) \geq 0$, $(y_0, z_0) < 0$. Из уравнений (6) легко вывести соотношение $(u, x_0) = \rho \pm \sqrt{\rho\Gamma}$, которое вместе с соотношением $(u, y_0) = 0$ позволяет понизить порядок разрешающей системы (скалярных) уравнений на две единицы.

Теорема 2. Если разрешающие уравнения (6) имеют вещественное решение и для заданного вектора b и всех векторов b , достаточно близких к заданному, и расходятся интегралы $\Phi_1 = \int_0^\infty \varphi(\tau) d\tau$, $\Phi_2 =$

$$= \int_0^\infty \varphi(\sigma) d\sigma, \text{ то система (1) устойчива в целом}^*.$$

Отметим, что в случае, когда все $\operatorname{Re} \lambda_j < 0$, устойчивость в целом имеет место независимо от расходимости интегралов Φ_1 , Φ_2 . Теорема 4 (см. ниже) показывает, что теперь эти условия существенны.

Пусть \mathfrak{R} — n -мерное пространство; $\dot{f}(p, t)$ — динамическая система в нем; θ — начало координат; $f(\theta, t) \equiv \theta$. Пусть в некоторой области $G \ni \theta$ (возможно, что $G = \mathfrak{R}$) существует функция Ляпунова, т. е. непрерывная функция, удовлетворяющая условиям:

- 1) $V(p) > 0$ при $p \neq \theta$, $V(\theta) = 0$;
- 2) $V[f(p, t)]$ невозрастающая функция t пока $f(p, t) \in G$ и иногда дополнительному условию:
- 3) для любого $p \neq \theta$ $\lim_{t \rightarrow \infty} V[f(p, t)] < V[f(p, 0)] = V(p)$.

Обозначим ξ_γ связную компоненту открытого множества $\xi \{V(p) < \gamma\} \subset G$, включающую начало координат. Предположим, что при $\gamma < \gamma_0$ множества ξ_γ ограничены. Обозначим $G_0 = \bigcup_{\gamma < \gamma_0} \xi_\gamma$ (множество G_0 может быть, разумеется, и неограниченным).

Теорема 3. а) Если функция $V(p)$ удовлетворяет условиям 1), 2), то тривиальное движение $p \equiv \theta$ устойчиво по Ляпунову. Если $p \in G_0$, то траектория $f(p, t)$ ограничена при $t \rightarrow \infty$.

б) Если функция $V(p)$ удовлетворяет условиям 1), 2), 3), то тривиальное движение $p \equiv \theta$ асимптотически устойчиво по Ляпунову; если $p \in G_0$, то $f(p, t) \rightarrow \theta$ при $t \rightarrow \infty$. Если дополнительно $G = \mathfrak{R}$, то для любого p либо $f(p, t) \rightarrow \theta$, либо $\|f(p, t)\| \rightarrow \infty$ при $t \rightarrow \infty$ **.

Заменой $x = S \begin{pmatrix} y \\ \eta \end{pmatrix}$ с подходяще выбранной матрицей S система (1) сводится к системе ***

* Можно показать, что проверку условий теоремы можно выполнить, если не имеют места некоторые особые случаи, конечным числом рациональных алгебраических пераций. Множество систем (1), для которых имеют место особые случаи, имеет в пространстве коэффициентов меру нуль. Особых случаев заведомо нет для $n \leq 4$.

** Эта теорема, являющаяся уточнением соответствующей теоремы Ляпунова, довольно переносится (с заменой слова «ограниченность» на «компактность») на случай, когда \mathfrak{R} — локально связное метрическое пространство, $\|p\| = \rho(p, \theta)$ и все сферы $\rho\| = \varepsilon$ с достаточно малым ε компактны. Вместо точки покоя θ можно было бы говорить о произвольном инвариантном множестве $\mathfrak{M} = \{\theta\}$.

*** Здесь векторы и матрицы имеют порядок $n-1$.

$$\frac{dy}{dt} = Qy + q\varphi(\sigma), \quad \frac{d\eta}{dt} = \varphi(\sigma), \quad \frac{d\sigma}{dt} = (r, y) - \kappa\eta - \rho\varphi(\sigma), \quad \kappa > 0, \rho > 0, \quad (7)$$

где собственные значения матрицы Q имеют отрицательные действительные части. Функция Ляпунова $V = (Kx, x) + \int_0^\sigma \varphi d\sigma$ в этом базисе будет не-
 перемененно иметь вид $V = (Hy, y) + \psi\eta^2 + \int_0^\sigma \varphi d\sigma$, $H > 0$, $\psi > 0$ (отсутствует произведение $\eta^*y\eta$). Производную dV/dt можно привести к виду $dV/dt = -(Cy, y) - \frac{1}{\rho}[\rho\varphi + (g, y)]^2$.

Теорема 4. Предположим, что существует конечная производная $\varphi'(\sigma)^*$, сходится по крайней мере один из интегралов Φ_1 , Φ_2 и существует функция Ляпунова V указанного вида, где матрица $C > 0$ **.

Тогда у системы (7) любое решение продолжимо при $t \rightarrow \infty$, а также:
 а) тривиальное решение асимптотически устойчиво по Ляпунову;
 область $V < \min[\Phi_1, \Phi_2]$ целиком входит в область асимптотической устойчивости;

б) для любого решения выполнено при $t \rightarrow \infty$

$$y \rightarrow 0, \quad \eta \rightarrow \eta_\infty, \quad \sigma = -\kappa \int_0^t \eta(t) dt + \sigma_* + o(1). \quad (8)$$

Если $|\varphi(\sigma)| \leq \varphi_0$ и $\Phi_1 \neq \infty$ ($\Phi_2 \neq \infty$), то для любых $y(0)$, $\sigma(0)$ найдется такое $\eta(0) < 0$, что $\eta_\infty < 0$ (такое $\eta(0) > 0$, что $\eta_\infty > 0$) ***.

3°. Если матрица A имеет два или более нулевых собственных значения, то уже линеаризованная система (1) $\dot{\varphi}(\sigma) = \mu\sigma$ при достаточно малом $\mu > 0$ неустойчива. Поэтому задача об устойчивости в целом системы (1) для любой функции $\varphi(\sigma)$, удовлетворяющей условиям (2), в этом случае решается отрицательно.

4°. Системы М. А. Айзермана (4), а также более общие системы «прямого автоматического регулирования» (1) с одной нелинейностью $\psi(\sigma)$ при наличии у линеаризованной системы $\dot{\psi}(\sigma) = \mu\sigma$ зоны устойчивости вида (μ_0, ∞) , когда на границе зоны устойчивости $\mu = \mu_0$ имеется хотя бы один нулевой корень, а функция $\psi(\sigma)$, как обычно, удовлетворяет условиям $\psi(0) = 0$; при $\sigma \neq 0$ $\sigma\psi(\sigma) > \mu_0\sigma^2$, сводится к системам (1) с функцией $\varphi(\sigma) = \psi(\sigma) - \mu_0\sigma$.

Научно-исследовательский институт математики и механики
 Ленинградского государственного университета
 им. А. А. Жданова

Поступило
 17 III 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. И. Лурье, Некоторые нелинейные задачи теории автоматического регулирования, 1951. ² В. А. Якубович, ДАН, 117, № 1 (1957). ³ В. А. Якубович, Вестн. ЛГУ, 19, в. 4 (1957). ⁴ М. А. Айзерман, Лекции по теории автоматического регулирования, 1956, стр. 220. ⁵ В. А. Плисс, ДАН, 120, № 4 (1958).

* Это требование можно заменить на требование единственности и непрерывности зависимости решения от начальных данных.

** Если разрешающие уравнения (6) имеют решение нужного вида (см. теорему 2) то существует подобная функция Ляпунова.

*** В. А. Плиссом было ранее показано на примере для $n = 2$ отсутствие устойчивости в целом при наличии функции Ляпунова со сходящимся интегралом Φ_1 или Φ_2 . Для этого примера система разрешающих уравнений (6) сводится к одному квадратному уравнению. Теорема 4 дает дополнительно оценку области асимптотической устойчивости соотношения (8) и показывает также, что аналогичная ситуация имеет место для любой системы (1) при наличии одного нулевого корня. Автор пользуется случаем выразить признательность В. А. Плиссу, предоставившему ему этот интересный пример.

А. Г. КУЛИКОВСКИЙ

О ВОЛНАХ РИМАНА В МАГНИТНОЙ ГИДРОДИНАМИКЕ

(Представлено академиком Л. И. Седовым 18 IV 1958)

Волны Римана в магнитной гидродинамике рассматривали впервые С. А. Каплан и К. П. Станюкович⁽¹⁾ в случае, когда магнитное поле параллельно плоскости волны. Ниже рассматриваются волны Римана в магнитной гидродинамике при произвольном расположении поля относительно плоскости фронта волны, что приводит к появлению новых механических эффектов.

Уравнения, описывающие изоэнтропические движения плоскими волнами совершенного газа с бесконечной проводимостью, при наличии магнитного поля имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} &= -C\gamma\rho^{\gamma-2} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{8\pi\rho} \frac{\partial}{\partial x} (H_y^2 + H_z^2), \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} &= \frac{H_x}{4\pi\rho} \frac{\partial H_y}{\partial x}, \quad \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{H_x}{4\pi\rho} \frac{\partial H_z}{\partial x}, \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} &= 0, \quad \frac{\partial H_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uH_y - vH_x) = 0, \\ \frac{\partial H_z}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uH_z - wH_x) &= 0, \quad H_x = \text{const}, \end{aligned} \quad (1)$$

где C — постоянная в уравнении адиабаты: $p = C\rho^\gamma$.

Будем разыскивать решения, зависящие от некоторой комбинации независимых переменных $\varphi(x, t)$. Тогда исходные уравнения приводятся к виду

$$\begin{aligned} -u'a &+ \rho' C\gamma\rho^{\gamma-2} + H_y' \frac{H_y}{4\pi\rho} + H_z' \frac{H_z}{4\pi\rho} = 0, \\ -v'a &- H_y' \frac{H_y}{4\pi\rho} = 0, \\ -w'a &- H_z' \frac{H_x}{4\pi\rho} = 0, \\ u'\rho &- \rho'a = 0, \\ u'H_y - v'H_x &- H_y'a = 0, \\ u'H_z &- w'H_x - H_z'a = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где штрихом обозначена производная по φ ; $a = \lambda - u$; $\lambda = -\frac{\partial \varphi}{\partial t} / \frac{\partial \varphi}{\partial x}$ — скорость движения волны.

Для того чтобы система (2), линейная и однородная относительно производных, имела нетривиальное решение, необходимо, чтобы определитель

этой системы $\Delta(a) = 0$. Решая это уравнение, получим:

$$a_{1,2} = \pm \frac{H_x}{V_{4\pi\rho}},$$

$$a_{3,4,5,6} = \pm \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{\gamma C \rho^{\gamma-1} + \frac{H^2}{4\pi\rho}} + \sqrt{\frac{\gamma C}{\pi} H_x \rho^{1/2} \gamma - 1} \pm \right. \quad (3)$$

$$\left. \pm \sqrt{\gamma C \rho^{\gamma-1} + \frac{H^2}{4\pi\rho} - \sqrt{\frac{\gamma C}{\pi} H_x \rho^{1/2} \gamma - 1}} \right\}.$$

Отсюда видно, что a_i представляют собой скорости распространения малых возмущений ⁽²⁾. Будем рассматривать волны, бегущие по частицам в положительном направлении оси x , которым соответствуют положительные значения a . Известно, что всегда выполняются неравенства

$$a_3 \geq a_1 \geq a_4 \geq 0,$$

т. е. волны, распространяющиеся в одну сторону, не могут друг друга догнать.

Для того чтобы найти, как изменяются искомые величины в волне, необходимо решить систему (2), подставив в нее соответствующее значение a . Легко проверить, что единственным решением, соответствующим a_1 будет

$$u = u_0, \quad \rho = \rho_0, \quad H_y^2 + H_z^2 = H_r^2 = \text{const},$$

$$H_y = H_r \cos \theta, \quad v = v_0 - \frac{H_r}{V_{4\pi\rho}} \cos \theta, \quad H_z = H_r \sin \theta, \quad w = w_0 - \frac{H_r}{V_{4\pi\rho}} \sin \theta$$

где величины с индексом нуль представляют собой произвольные постоянные, а θ — произвольная функция $\varphi(x, t)$.

Переходя к изучению других типов волн, заметим, что второе, третье, пятое и шестое уравнения системы (2) могут быть записаны в следующей форме:

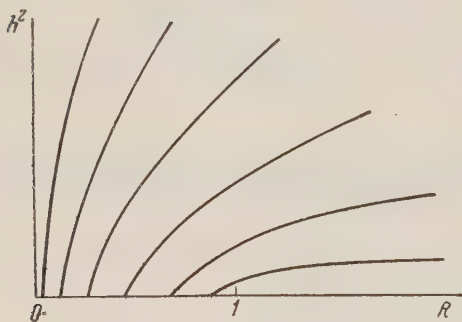


Рис. 1

$$-a\omega'_1 - \left(av_1 + \frac{H_x}{4\pi\rho} H_r \right) \theta' = 0,$$

$$-H_x \omega'_1 - (v_1 H_x + a H_r) \theta' = 0,$$

$$-av'_1 - a\omega_1 \theta' - \frac{H_x}{4\pi\rho} H'_r = 0,$$

$$-aH'_r + H_r u' - H_x v'_1 - \omega_1 H_x \theta' = 0$$

где θ — угол, составляемый вектором $\mathbf{H}_r = H_y \mathbf{j} + H_z \mathbf{k}$ с осью y ; v_1 — проекция скорости на направление \mathbf{H}_r и ω_1 — проекция скорости на направление, перпендикулярное \mathbf{H}_r .

Заметим, что, если $a^2 \neq H_x^2 / 4\pi\rho$, то первые два уравнения имеют единственное решение $\theta = \text{const}$, $\omega_1 = \text{const}$, и задача сводится к интегрированию следующей системы уравнений:

$$-u'a + \rho' C \gamma \rho^{\gamma-2} + H'_r \frac{H_r}{4\pi\rho} = 0,$$

$$-v'_1 a - H'_r \frac{H_x}{4\pi\rho} = 0,$$

$$u'\rho - \rho'a = 0,$$

$$u'H_r - v'_1 H_x - H'_r a = 0. \quad (4)$$

Вводя безразмерные переменные согласно равенствам

$$R = \frac{\rho}{\rho_*}, \quad U = \frac{V\sqrt{4\pi\rho_*}}{H_x} u, \quad V = \frac{V\sqrt{4\pi\rho_*}}{H_x} v_1, \quad h = \frac{H_r}{H_x},$$

$$A_{3,4} = \frac{V\sqrt{4\pi\rho_*}}{H_x} a_{3,4} = \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{R^{\gamma-1} + \frac{1+h^2}{R} + 2R^{1/2\gamma-1}} \pm \sqrt{R^{\gamma-1} + \frac{1+h^2}{R} - 2R^{1/2\gamma-1}} \right\},$$

где ρ_* определяется из условия $4\pi\gamma C\rho_*^\gamma = H_x^2$, и комбинируя уравнения (4), получим следующую систему, не содержащую параметров:

$$\frac{dh^2}{dR} = 2A^2 - 2R^{\gamma-1}, \quad \frac{dU}{dR} = \frac{A}{R}, \quad \frac{dV}{dR} = -\frac{1}{RA} \frac{A^2 - R^{\gamma-1}}{h}. \quad (5)$$

Для решения этой системы достаточно проинтегрировать первое уравнение, после чего U и V найдутся квадратурами. Качественная картина поведения интегральных кривых первого уравнения (5) для случая $A = A_3$ представлена на рис. 1, а для случая $A = A_4$ на рис. 2, причем для $A = A_3$ всюду $dh^2/dR \geq 0$, а для $A = A_4$ всюду $dh^2/dR \leq 0$. Решения уравнений (5) при слабых магнитных полях могут быть получены с помощью квадратур.

Чтобы получить качественную картину деформации волн с течением времени, вычислена производная скорости распространения волн $\lambda = u + a$ по плотности. Оказалось, что для

$a = a_1$ $d\lambda/d\rho = 0$, а для $a = a_3$ и $a = a_4$ $d\lambda/d\rho \geq 0$, т. е. волны, распространяющиеся со скоростью a_1 , не деформируются, а волны сжатия, распространяющиеся со скоростями a_3 и a_4 , имеют тенденцию превращаться в ударную волну сжатия. Из этого следует, что в автомодельных решениях волнам, распространяющимся со скоростью a_1 , соответствуют вращательные разрывы, а со скоростями a_3 и a_4 возможны только волны разряжения.

Исследованные решения могут быть применены к решению задачи о распадении произвольного разрыва в магнитной гидродинамике и задачи о поршне, причем поршень может двигаться либо с постоянной скоростью $u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{k}$, либо с переменной скоростью, подобранной таким образом, чтобы возбуждать волну только одного типа или последовательность волн так, чтобы они не догоняли друг друга.

В этих задачах, наряду с непрерывными решениями, возможны решения, содержащие ударные волны. Оказывается, что в тех переменных, в которых решалась задача о волнах Римана, изменение величин на ударной волне можно получить в явном виде, задавая изменение напряженности магнитного поля.

Возьмем условия на ударной волне в следующем виде ⁽²⁾:

$$j\{v\} = \frac{H_x}{4\pi} \{H_r\}, \quad j^2 \left\{ \frac{1}{\rho} H_r \right\} = \frac{H_x^2}{4\pi} \{H_r\}, \quad j^2 = \frac{p_2 - p_1 + \frac{1}{8\pi} (H_{r2}^2 - H_{r1}^2)}{\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1}}, \quad (6)$$

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} \left(\frac{p_2}{\rho_2} - \frac{p_1}{\rho_1} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_1} \right) (p_2 - p_1) + \frac{1}{16\pi} \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1} \right) (H_{r2} - H_{r1})^2 = 0.$$

Вводя безразмерные переменные

$$h_i = \frac{H_{ri}}{H_x}, \quad P_i = \frac{4\pi p_i}{H_x^2} = \frac{4\pi C \rho_i^{\gamma}}{4\pi \gamma C \rho_{*i}^{\gamma}} = \frac{1}{\gamma} R^{\gamma} \quad (i = 1, 2),$$

из трех последних уравнений получим

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{h_1 [(P_2 - P_1) + 1/2 (h_2^2 - h_1^2)] + (h_2 - h_1)}{h_2 [(P_2 - P_1) + 1/2 (h_2^2 - h_1^2)] + (h_2 - h_1)},$$

$$\frac{\gamma}{\gamma - 1} \left(P_2 \frac{R_1}{R_2} - P_1 \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) (P_2 - P_1) + \frac{1}{4} \left(\frac{R_1}{R_2} - 1 \right) (h_2 - h_1)^2 = 0.$$

Подставляя первое равенство во второе, получим квадратное уравнение для P_2 , решая которое найдем P_2 как функцию P_1, h_1, h_2 . Из первого и третьего равенств (6) найдем изменение величин U и V .

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
17 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. А. Каплан, К. П. Станюкович, ДАН, 96, № 3 (1954). ² Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Электродинамика сплошных сред, М., 1957.

А. А. НИКИТИН

НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ЛИНИЙ ГЕЛИЯ В СПЕКТРАХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗВЕЗД

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 18 IV 1958)

В спектре Солнца, а также других звезд линии гелия, связанные с метастабильным уровнем 2^3S , довольно быстро изменяют свою интенсивность со временем. Приближенно эти изменения можно разбить на две группы: изменения, протекающие квазистационарно, и быстрые изменения в течение нескольких минут или часов с пологим максимумом. На основе данных ⁽¹⁾ можно привести следующие данные, характеризующие изменение линии $\lambda 10830$ (2^3S-2^3P) в спектре Солнца, которая, по-видимому, возникает в хромосфере.

Время, мин.	0	2	6	11	13	18
Интенсивность, Å	0,107	0,597	0,665	0,338	0,336	0,150

В спектре Солнца наблюдается довольно много линий гелия в эмиссии, и их интенсивности со временем сколько-нибудь заметно не меняются.

Естественно предположить, что изменение линии $\lambda 10830$ в поглощении в какой-то мере обусловлено тем, что ее нижний уровень 2^3S метастабильен, и поэтому такие внешние агенты, как излучение и столкновения с электронами, могут заметно изменить населенность этого уровня. Поскольку атомы водорода и других элементов имеют потенциалы ионизации со своих верхних уровней примерно такие же, как у гелия с уровня 2^3S , а интенсивности линий этих элементов не претерпевают больших изменений, то можно ожидать, что населенность уровня 2^3S будет заметно зависеть от электронной плотности.

Для количественной оценки рассмотрим следующую модель: пусть в какой-то момент времени в тонкой оболочке, в которой могут возникать «shell»-спектры, внезапно увеличилась электронная плотность. Выясним, как вследствие этого будут изменяться интенсивности линий гелия, связанные с уровнем 2^3S . С одной стороны, они должны увеличиться вследствие увеличения числа рекомбинаций, а с другой — уменьшиться вследствие увеличения числа ударов II рода, переводящих атомы гелия из состояния 2^3S в 1^1S .

Положим, что в момент t в состоянии 2^3S будет n_2 атомов гелия, а 1^1S-n_1 , в ионизованном состоянии n^+ . Метастабильность уровня 2^1S во внимание не принимается. Изменения n_2 и n_1 определяются тогда уравнениями

$$\begin{aligned} \frac{dn_2}{dt} &= -\omega n_2 \varphi(T_2) + n^+ n_e f(T_e) - n_2 n_e \lambda(T_e), \\ \frac{dn_1}{dt} &= -\omega n_1 \theta(T_1) + n^+ n_e f_1(T_e) + n_2 n_e \lambda(T_e). \end{aligned} \quad (1)$$

Первые члены — число ионизаций с соответствующих уровней под действием радиации температуры T и дилуции ω ; вторые — число рекомбинаций на все триплетные и синглетные уровни соответственно; последний член есть число переходов с 2^3S на 1^1S под действием ударов II рода.

Из системы (1), принимая во внимание, что $n_1 + n_2 + n^+ = n$ — постоянной величине, получим уравнение

$$\frac{d^2 n_2}{dt^2} + \frac{dn_2}{dt} (a + a_1) + n_2 (aa_1 - bb_1) + bc_1 - a_1 c = 0; \quad (2)$$

a, a_1 и т. д. — известные коэффициенты, определяемые из (1).

Зададим начальные условия согласно сделанным выше предположениям. Они будут иметь вид:

$$t = 0, \quad n_2 = n_0, \quad \left(\frac{dn_2}{dt} \right)_{t=0} = \beta = \delta n_0 \omega \varphi (T_2); \quad (3)$$

δ — относительное увеличение электронной плотности в начальный момент (затем она остается постоянной), причем до этого момента для уровня 2^3S имело место стационарное состояние.

С этими начальными данными находим:

$$n_2 = \left[\frac{k_2 (n_0 - \alpha) - \beta}{k_2 - k_1} \right] e^{k_1 t} + \left[\frac{\beta - k_1 (n_0 - \alpha)}{k_2 - k_1} \right] e^{k_2 t} + \alpha; \quad (4)$$

$$k_{1,2} = \frac{-(a + a_1) \mp \sqrt{(a - a_1)^2 + 4bb_1}}{2}; \quad \alpha = \frac{a_1 c - bc_1}{aa_1 - bb_1}; \quad (5)$$

k_1 и k_2 всегда отрицательны; будем считать, что $n_0 > \alpha$. Формулы (4) и (5) позволяют приближенно оценить время релаксации рассматриваемого процесса. Так как $|k_1| > |k_2|$, то в (4) будет сущестен член, содержащий в экспоненте k_2 . Время установления стационарного состояния T_c определяется формулой

$$|k_2 T_c| \approx 1.$$

В зависимости от электронной плотности T_c может меняться от нескольких секунд до года и больше в оболочках с весьма малым коэффициентом дилуции.

В формуле (4) коэффициенты при экспонентах будут иметь разные знаки. При некотором значении $t = t_{кр}$ населенность уровня 2^3S будет максимальна, причем

$$t_{кр} = \ln \left(\frac{1 - \gamma_2}{1 - \gamma_1} \right)^{\frac{1}{k_2 - k_1}}; \quad \gamma_1 = \frac{\beta}{k_1 (n_0 - \alpha)}; \quad \gamma_2 = \frac{\beta}{k_2 (n_0 - \alpha)};$$

$$n_{2кр} = (n_0 - \alpha) (1 - \gamma_2) \left(\frac{1 - \gamma_2}{1 - \gamma_1} \right)^{\frac{k_2}{k_2 - k_1}}. \quad (6)$$

Если предположить, что $a_1 \sim \alpha$; $n_e \sim 10^4 - 10^6$; $T_e \sim 10^4$ и, согласно (2), $\lambda(T_e) \sim 10^{-9}$, то $t_{кр}$ будет находиться в пределах от 10^2 до 10^4 сек. В более общем случае электронная плотность n_e может изменяться со временем. Система уравнений (1) тогда не решается в общем виде, однако некоторые приближенные решения найти можно. Пусть

$$n_e = \frac{A}{C e^{kt} - 1}. \quad (7)$$

Это закон изменения n_e в оболочке, в которой при $t = 0$ $n_e = A$, но затем произошла мгновенная ионизация водорода, после чего источник ионизации исчез.

Для величины n_2 при начальных условиях $t = 0$, $n_2 = 0$, $n_1 = n$, причем $n_1 \gg n_2$, можно из (1) и (7) получить формулу

$$n_2 = B \left[\frac{1}{(de^{kt} - 1)^\delta} - \frac{\lambda}{(de^{kt} - 1)^\chi} \right]; \quad (8)$$

B , d и т. д. — известные постоянные. Для этого случая также можно найти $t_{кр}$ и $n_{2кр}$.

Если положить $T_e \sim 10^4$ и $A \sim 10^4$, то $t_{кр} \sim 10^5$ сек.; если $A \sim 10^8$, то $t_{кр} \sim 20$ сек.

При этих условиях $n_{2кр}$ будет величиной $\sim 10^3 - 10^4$.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
20 III 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ O. Mohler, Ap. J., **115**, № 2 (1952); O. Mohler, L. Goldberg, Ap. J., **124**, № 1 (1956). ² H. Zirin, Ap. J., **123**, № 3 (1956).

Член-корреспондент АН СССР Б. С. ДЖЕЛЕПОВ, В. П. ПРИХОДЦЕВА
и Ю. В. ХОЛЬНОВ

$0^+ \rightarrow 0^+$ -ПЕРЕХОД В Ce^{140}

В работах ^(1,2) сообщалось о существовании конверсионной линии, соответствующей переходу в Ce^{140} с энергией 1909 кэв (средней по этим двум работам). Согласно ^(1,2) интенсивность этой конверсионной линии сравнительно велика и составляет приблизительно $\frac{1}{3}$ интенсивности конверсионной линии K -1596 кэв. Кванты же с энергией 1695 кэв испускаются практически при каждом распаде La^{140} .

γ -Спектр La^{140} изучался нами в работах ^(3,4). В работе ⁽³⁾ сообщалось, что если при распаде La^{140} и испускаются γ -лучи с энергией ~ 1900 кэв, то их интенсивность меньше 0,0015 кванта на распад.

Возникло предположение, не соответствуют ли конверсионные электроны K -1909 переходу между возбужденным состоянием Ce^{140} 1909 кэв с квантовыми характеристиками 0^+ и основным состоянием (также 0^+).

Для решения этого вопроса мы произвели тщательное изучение γ -спектра La^{140} в районе энергий 1900 кэв. Измерения производились на γ -спектрометре типа ритрон ⁽⁵⁾. В качестве источника применялась окись лантана, облученная тепловыми нейтронами. Начальная активность препарата составляла 2,8 Си.

Результаты измерений (за вычетом фона, который составлял в этой области $\sim 0,8$ имп/мин.) представлены на рис. 1. В масштабе рисунка пику γ -линии 1596 кэв соответствует ордината ~ 1000 . Экспериментальные точки ложатся на плавную кривую. Никакой γ -линии в районе энергий 1800—2000 кэв не наблюдается; высота максимума, соответствующего γ -линии с интенсивностью 10^{-3} кванта на распад, на рис. 1 равнялась бы единице. Некоторый избыток электронов отдачи по сравнению с фоном обусловлен правым спадом от сильной γ -линии 1596 кэв и левым от слабых γ -линий 2343 и 2515 кэв.

Для оценки вклада от этих линий в интересующем нас районе энергий мы произвели тщательное изучение формы левого спада γ -линии 2760 кэв Na^{24} и формы правого спада γ -линии 1331 кэв Co^{60} . Спады линий 1596 и 2343+2515 кэв, оцененные по указанным данным, изображены на рис. 1 (пунктир). Их сумма соответствует экспериментальной кривой.

Таким образом, интенсивность γ -лучей ~ 1900 кэв, если они имеются вообще, составляет менее $4 \cdot 10^{-4}$ кванта на распад. Этих данных, совместно с данными работ ^(1,2) об интенсивности конверсионной линии 1909 кэв, достаточно для заключения о том, что мы имеем здесь дело с $0^+ \rightarrow 0^+$ -пере-

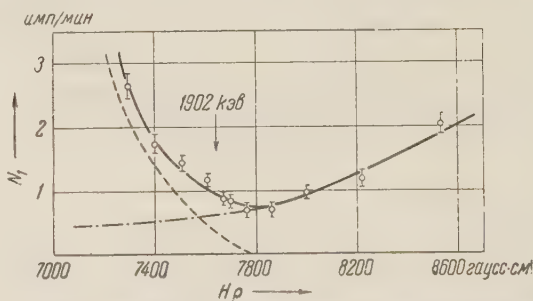


Рис. 1. Участок γ -спектра La^{140} в районе 1900 кэв. Пунктиром приведены «хвосты» γ -линий 1596 и 2343 + 2515 кэв

ходом. Однако в указанных работах изучался весь сложный спектр конверсионных электронов La^{140} и интересующей нас линии не уделялось специального внимания. Поэтому для подтверждения наличия линии $K-1909$ и более точного определения ее интенсивности мы произвели исследование жесткой части спектра конверсионных электронов La^{140} на двух β -спектрометрах типа кэтрон, любезно предоставленных для этой цели в наше распоряжение А. А. Башиловым (Ленинградский университет) и К. Я. Гро-

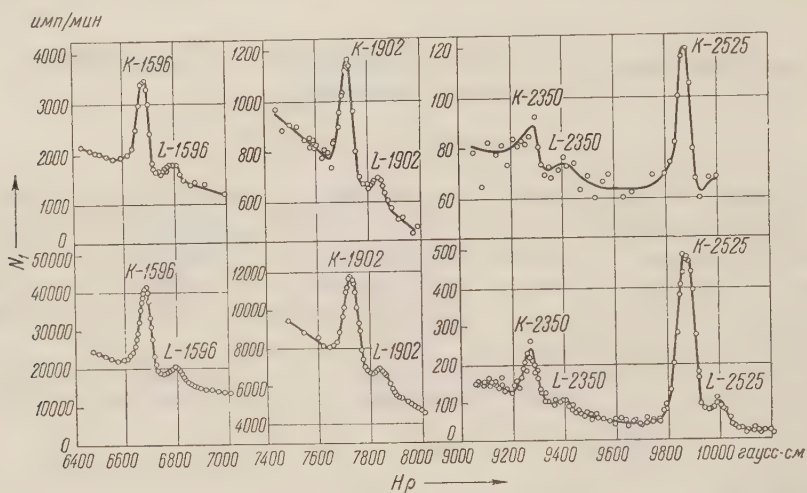


Рис. 2. Жесткая часть спектра ($10200 > H\rho > 6400$) конверсионных электронов La^{140} . Внизу — спектр, полученный на кэтроне ЛГУ,верху — полученный на кэтроне Радиевского института АН СССР

мовым (Радиевый институт АН СССР). В обоих случаях источником служил La^{140} , выделенный из раствора, содержащего Ba^{140} . Результаты опытов приводятся на рис. 2; существование линий K - и L -1909 несомненно. Усредненная энергия перехода составляет 1902 кэв. Отношение интенсивностей $K_{1902}/K_{1596} = 0,220$ (средняя по всем сериям опытов).

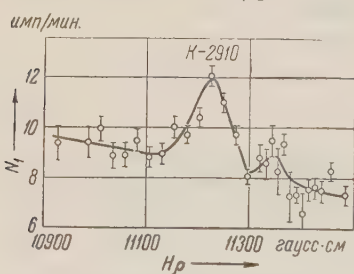


Рис. 3. Спектр конверсионных электронов La^{140} в области $11500 > H\rho > 10900$, полученный на кэтроне ЛГУ

ким к периоду полураспада La^{140} ($T = 40,2$ часа). Остается сделать вывод, что переход с энергией 1902 кэв в Ce^{140} является новым $0^+ \rightarrow 0^+$ переходом. Отношение α_K/α_L для этого перехода составляет 6,33.

Попутно мы искали и обнаружили K - и L -конверсионные линии, соответствующие найденным нами в работе (3) γ -линии 2343 и 2390 кэв и γ -линии 2515 кэв (рис. 2 и 3). Интенсивности K -линий составляют $4,5 \cdot 10^{-3}$, $0,22 \cdot 10^{-3}$ и $21 \cdot 10^{-3}$ соответственно от интенсивности $K-1596$, а $(\alpha_K/\alpha_L)_{2343} = 6,56$ и $(\alpha_K/\alpha_L)_{2515} = 6,28$. В табл. 1 приведены экспериментальные и теоретические (6) коэффициенты конверсии на K -оболочке для

указанных переходов. Точность экспериментальных значений мы оцениваем в 20%.

Таблица 1

Мультипольность переходов с энергией 2350, 2525 и 2910 кэв в Ce^{140}

Энергия пере- хода (сред- нее по рабо- там ⁽²⁾ и на- стоящей) <i>hν</i> , кэв	α_K эксп·10 ⁴	α_K теор·10 ⁴ (°)						Вывод о мульт ипольности
		E1	E2	E3	E4	M1	M2	
2350	3,94	1,66	3,39	5,82	9,12	4,03	8,32	M1, E2
2525	3,91	1,45	2,95	5,01	7,76	3,46	7,08	M1
2910	1,87	1,07	2,24	3,63	5,50	2,45	4,79	E2, M1, E2 + M1

Следует отметить, что переходы, рассмотренные в настоящей статье, непосредственно указывают на существование возбужденных состояний Ce^{140} с энергией 1902, 2350, 2525 и 2910 кэв. С помощью γ -спектрметра определялся период убывания интенсивности γ -лучей с энергиями 868 и 2350 кэв, обнаруженных в работе ⁽³⁾, который оказался равным ≈ 40 час. Это обстоятельство свидетельствует в пользу принадлежности указанных линий La^{140} .

Выражаем благодарность А. А. Башилову и К. Я. Громову за предоставленную возможность проверочных опытов на их приборах, Н. Д. Новосильцевой за химическое выделение La^{140} из раствора бария и А. Г. Дмитриеву и Ю. А. Гурьяну за помощь в измерениях.

Радиевый институт им. В. Г. Хлопина
Академии наук СССР

Поступило
30 VI 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ J. Cork, J. Le Blanc et al., Phys. Rev., **83**, 856 (1951). ² Н. М. Антоньева, А. А. Башилов, Б. С. Джелепов, Л. С. Червинская, Изв. АН СССР, сер. физ., **22**, 179 (1958). ³ В. П. Приходцева, Ю. В. Хольнов, Изв. АН СССР, сер. физ., **22**, 176 (1958). ⁴ Л. В. Архангельский, Б. С. Джелепов и др., Изв. АН СССР, сер. физ., **19**, 251 (1955). ⁵ Б. С. Джелепов, Н. Н. Жуковский, Ю. В. Хольнов, Изв. АН СССР, сер. физ., **18**, 599 (1954); Б. С. Джелепов, В. П. Приходцева, А. И. Феоктистов, Ю. В. Хольнов, Изв. АН СССР, сер. физ., **20**, 1361 (1956). ⁶ Л. А. Слив, И. М. Банд, Таблицы коэффициентов внутренней конверсии гамма-излучения, 1, Оболочка, Изд. АН СССР, 1956.

Ф. И. СКИПОВ

ЯДЕРНО-РЕЗОНАНСНЫЙ ГЕНЕРАТОР, РАБОТАЮЩИЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 10 III 1958)

Интенсивное развитие исследований ядерной прецессии в земном магнитном поле, преимущественно с магнитометрическими целями, началось после того, как в 1954 г. Паккард и Вариан ⁽¹⁾ предложили метод наблюдения свободной ядерной индукции, позволяющий в случае слабых полей в сотни раз повысить интенсивность сигнала. В этом методе свободная прецессия вектора ядерного намагничивания \mathbf{M} возникает в результате неадиабатического выключения вспомогательного сильного поля \mathbf{H}^* , наложенного на первом этапе опыта приблизительно перпендикулярно земному полю \mathbf{H}_0 (повышение интенсивности обусловлено большей величиной намагничивания, установившегося в сильном поле $\mathbf{H}^* + \mathbf{H}_0$). Методика Паккарда и Вариана обладает большинством достоинств, характерных для ядерно-резонансных методов в магнитометрии. Вместе с тем довольно существенным ее недостатком является затухающий характер сигнала, наблюдаемого не дольше нескольких секунд, что не только обуславливает прерывность наблюдения и сравнительно большое время, необходимое для получения каждого отсчета, но и ограничивает предельную точность измерения частоты прецессии (и, соответственно, напряженности поля).

Принципиальная возможность непрерывного наблюдения сигнала была указана К. В. Владимирским ⁽²⁾, рассмотревшим условия самовозбуждения ядерной прецессии в образце, предварительно намагниченном антипараллельно земному полю и помещенном в катушку индуктивности достаточно добротного резонансного контура*. Автор указывает, что возможно генерирование стационарного сигнала, если в подобной системе осуществить непрерывную замену образца. Конкретные варианты осуществления этого устройства в ⁽²⁾ не рассматриваются.

В настоящей работе предложена и осуществлена другая схема ядерно-резонансного генератора, для которой характерно введение в приемную катушку порций образца с уже прецессирующим вектором ядерного намагничивания, отклоненным от направления земного поля на угол порядка 90° . Отклонение вектора \mathbf{M} осуществляется переменным полем резонансной частоты с помощью пары отклоняющих (фазирующих ядерную прецессию) катушек, которые питаются возникающим в приемной катушке сигналом свободной индукции, усиленным до соответствующей величины**.

* При этом добротность Q и намагничивающее поле H^* должны быть весьма высокими: в обычных условиях можно принять оценку $QH^* < 10^4$ эрст. Если для намагничивания используется соленоид, а не магнит (что представляется крайне желательным для уменьшения веса системы, а также в связи с необходимостью очень точной компенсации H^* в той области, в которой производится измерение слабого поля), выполнение указанного соотношения сопряжено с некоторыми трудностями.

** Это устройство выполняет функции цепи обратной связи. Наличие в нем усилителя позволяет удовлетворить условиям самовозбуждения системы при обычных величинах QH и использовать образец, который в исходном состоянии намагничен по полю. Возможно также питание фазирующих катушек от внешнего источника. Этот вариант, также осуществ-

Генерируемая частота автоматически следит за напряженностью измеряемого магнитного поля, и лишь при значительных его изменениях становится необходимой сравнительно грубая подстройка приемного контура.

Принципиальная схема датчика ядерно-резонансного генератора представлена на рис. 1. При протекании образца (воды) через намагничивающую катушку H устанавливается ядерное намагничивание M , пропорци-

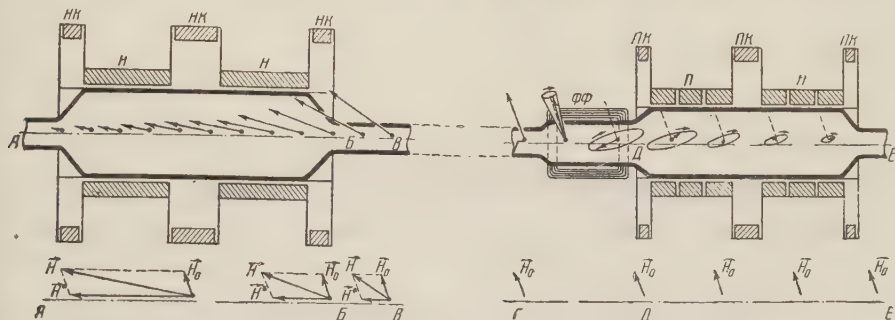


Рис. 1. Вверху — схема датчика ядерно-резонансного генератора. Образец (вода) течет слева направо. H — намагничивающая катушка, $НК$ — ее компенсирующие обмотки, $ФФ$ — фазировочные катушки, $П$ — приемная катушка, $ПК$ — ее компенсирующие обмотки. Длинная трубка, соединяющая точки $В$ и $Г$, на рисунке не изображена. Показано распределение постоянного магнитного поля вдоль оси устройства и характер движения вектора ядерного намагничивания

ональное сильному полю $H^* + H_0$. Затем по длинной тонкой трубке $ВГ$ вода достигает области, в которой должно производиться измерение поля H_0 ; скорость течения выбирается достаточно большой, чтобы величина M не успела сильно уменьшиться. Поскольку поле, действующее на элемент объема образца, при любой реально достижимой скорости течения будет меняться адиабатически, в точке $Г$ вектор M направлен вдоль слабого поля H_0 . Далее, во время движения между фазировочными катушками $ФФ$ их поле при правильно подобранной амплитуде опрокидывает ядерное намагничивание на угол порядка 90° — точно так же, как это имеет место в методе спинового эха. Возникшая при этом прецессия, постепенно затухая, продолжается во время протекания через приемную катушку $П$, что и обуславливает индуцирование в ней непрерывного сигнала.

В осуществленном варианте прибора скорость течения воды равна $320 \text{ см}^3/\text{сек}$, $H^* \approx 400$ эрстед, объем внутри намагничивающей катушки 1600 см^3 и внутри приемной 600 см^3 . Компенсация поля H^* в месте расположения приемной катушки осуществляется тремя обмотками ($НК$), соединенными последовательно между собой и с намагничивающей катушкой. Они рассчитаны таким образом, чтобы ослабить поле в центре не более чем на 20%, но сделать равным нулю дипольный и октупольный моменты всей системы в целом. Поскольку мультиполи четных порядков отсутствуют в силу симметрии, первым нескомпенсированным моментом является 32-поль. При использовании несложной системы юстировки оказалось возможным снизить поле H^* на расстоянии 150 см от центра намагничивающей катушки до сотых долей эрстеда.

Аналогичной системой компенсирующих обмоток ($ПК$) обладает и приемная катушка. С их помощью удается в 20—25 раз снизить чувствительность устройства к внешним магнитным помехам. Положение фазировочных катушек подбирается таким образом, чтобы их прямая наводка на приемную катушку была по возможности малой. При этом обратная связь замыкается практически лишь через ядерную прецессию в текущей воде.

Сделанный в настоящей работе, менее удобен, так как при изменениях напряженности магнитного поля требуется весьма точная (до долей герца) подстройка частоты фазировочного сигнала.

При испытаниях генератор работал вполне устойчиво, причем отношение сигнала к шуму в некоторых опытах достигало 20. При замыкании цепи обратной связи наблюдается характерный процесс самовозбуждения. Поскольку, однако, текущая вода создает нечто вроде линии задержки, включенной в эту цепь, установление амплитуды занимает несколько секунд, т. е. происходит несравненно медленнее, чем в обычном радиочастотном генераторе. Что же касается частоты сигнала, то она следует за изменениями поля H_0 практически моментально.

На рис. 2 приведены три снимка сигналов ядерно-резонансного генератора, полученные на шлейфном осциллографе при малой скорости движения пленки (отдельные периоды сигнала не разрешаются). На одном из них представлены колебания в стационарном режиме *, а на двух других — процессы, происходящие по выключении и включении намагничивающего или фазирующего поля. Как и следовало ожидать, во втором случае затухание и нарастание колебаний происходит значительно быстрее, чем в первом (эффективное значение T_2 , включающее в себя влияние реакции контура значительно меньше, чем T_1).

В заключение автор выражает искреннюю признательность А. В. Мельникову, А. А. Морозову и М. М. Брянцеву, осуществившим испытания ядерно-резонансного генератора, и М. А. Денисову и С. В. Марюшкину, принявшим участие в изготовлении отдельных его узлов.

Научно-исследовательский физический институт
Ленинградского государственного университета
им. А. А. Жданова

Поступило
24 II 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ M. P a s c a r d, R. V a r i a n, Phys. Rev., 93, 941 (1954). ² К. В. В л а д и м и р с к и й, ЖЭТФ, 33, 532 (1957).

* Снимки сделаны при питании фазирующих катушек от внешнего источника, небольшие изменения частоты которого существенно влияют на амплитуду сигнала. При использовании схемы с обратной связью амплитуда генерируемых колебаний становится еще значительно устойчивее.

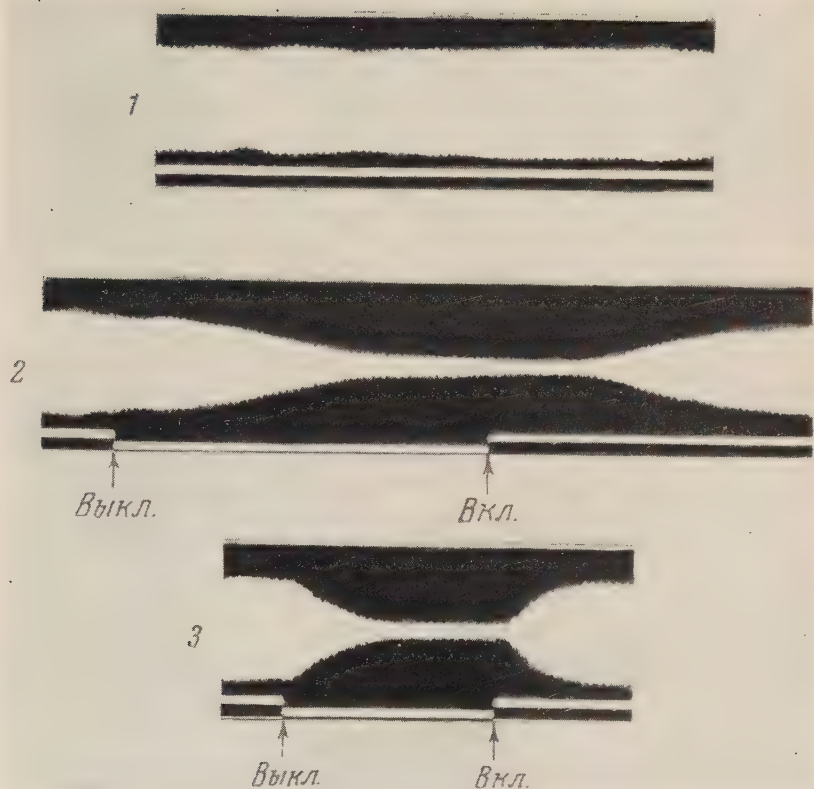


Рис. 2. Снимки сигнала, полученные на шлейфном осциллографе при скорости пленки 10 мм/сек. 1 — непрерывный сигнал, 2 — выключение и включение намагничивающего поля, 3 — выключение и включение фазирующего сигнала

Ю. П. НЕПРОЧНОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЧЕРНОМ МОРЕ В РАЙОНЕ г. АНАПЫ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 23 IV 1958)

М. В. Муратов пришел к выводу, что в черноморской впадине происходит преобразование земной коры континентального типа в океанический¹⁾. Под водами Черного моря скрыты части структур Кавказа, Крыма и Балкан, о взаимоотношении которых, как и вообще о глубинном строении черноморской впадины, пока можно говорить лишь гипотетически²⁾. Решению этих важных для геологии вопросов должны помочь геофизические методы исследования.

Описываемые в настоящей статье работы были проведены Черноморской экспериментальной научно-исследовательской станцией Института океанологии АН СССР летом 1957 г. в районе г. Анапы и являются первым этапом систематических сейсмических исследований строения дна Черного моря. Кроме автора, в морских работах принимали участие М. Ф. Михно, Г. Н. Щиплецов, а в обработке материалов — А. Ф. Непрочнова. Работы велись на экспедиционном судне «Академик Ширшов» методом преломленных волн. Взрывы зарядов весом от 0,4 до 15 кг производились с катера. Отметка момента взрыва передавалась на регистрирующее судно по радио. Предварительно были поставлены опыты по определению оптимальной глубины взрывов при регистрации преломленных волн. Оптимальная глубина взрыва изменяется в зависимости от частотного спектра преломленной волны и величины заряда.

Для регистрации сейсмических волн применялась аппаратура, состоящая из трех основных звеньев: гидрофона, усилителей и 14-шлейфного осциллографа ПОБ-14. Использовался малогабаритный гидрофон с корпусом из органического стекла, внутри которого была помещена пьезоэлектрическая батарея из сегнетовой соли и предварительный усилитель. Сигналы, возникающие в гидрофоне при прохождении сейсмических волн в воде, одавались по кабелю на входы усилителей, где они отфильтровывались, усиливались, а затем записывались на фотобумагу в осциллографе. Для регистрации преломленных волн служил усилитель, имеющий максимумы частотных характеристик в диапазоне 5—15 гц. Для регистрации отраженных волн использовался среднечастотный усилитель (полоса пропускания 10—50 гц.) Волны, распространяющиеся от взрыва до приемника в воде (водные волны), записывались с помощью усилителя с максимумом асютной характеристики в диапазоне 50—500 гц.

Чтобы облегчить выделение на сейсмограммах полезных волн, регистрация в каждой точке велась одновременно двумя гидрофонами по двум независимым усилительным каналам. При работе в мелководных районах (глубина моря до 50 м) гидрофоны опускались на дно. Регистрирующий корабль стоял в это время на якоре. При регистрации на больших глубинах корабль ложился в дрейф, а гидрофоны опускались на глубину около 50 м, что приблизительно соответствует $\frac{1}{4}$ длины регистрируемых преломлен-

ных волн в воде. Такое заглубление гидрофона создает наиболее благоприятные условия для регистрации этих волн. Для уменьшения помех от волнения, течения, дрейфа и других механических колебаний, передаваемых по кабелю, 20 м гидрофонной линии (начиная от гидрофона) придавалась нейтральная пловучесть в воде. (Такой способ подвески гидрофонов выработан на экспедиционном судне «Витязь».)

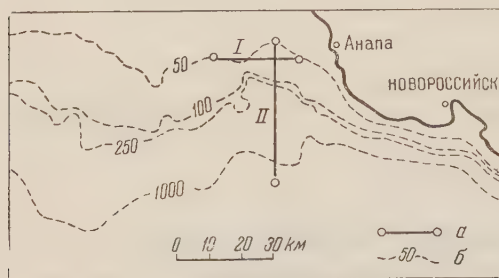


Рис. 1. Схема расположения сейсмических профилей. а — сейсмические профили, б — изобаты

В районе Анапы было отработано два взаимно перпендикулярных профиля длиной 30 и 40 км (рис. 1). Пункты регистрации располагались последовательно на концах каждого профиля, а катер производил взрывы по линии профиля. Таким образом, каждый профиль отстреливался дважды, что обеспечивало получение встречных годографов преломленных волн, необходимых для однозначной интерпретации. Интервалы между взры-

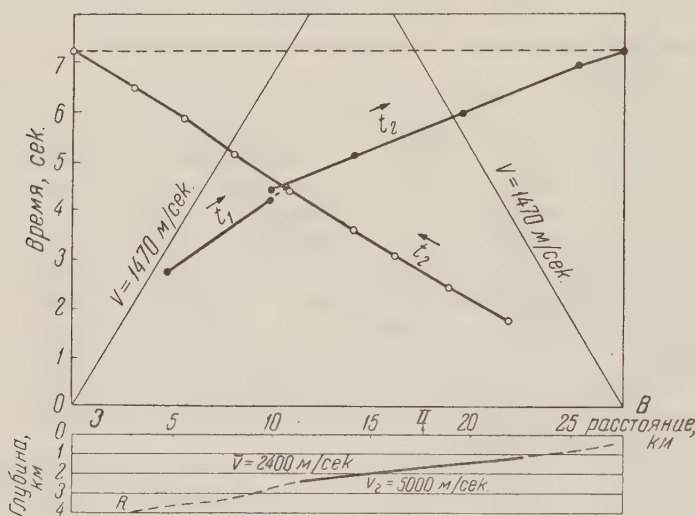


Рис. 2. Годографы и сейсмический разрез по профилю I

вами были равны 2—3 км, а иногда 4—5 км. На сейсмограммах зарегистрировано большое количество преломленных волн, прямые водные волны и многократные отражения в толще воды (на глубоководных участках), а также отражения от нижележащих слоев. Для контроля усиления аппаратуры на каждой сейсмограмме после взрыва записывался калибровочный сигнал от генератора. Расстояния до пунктов взрывов определялись по времени распространения прямых водных волн. Скорость звука в воде уточнялась по результатам гидрологических наблюдений.

По полученным материалам были построены годографы преломленных волн (рис. 2 и 3). Из-за больших интервалов между взрывами достаточно уверенную корреляцию преломленных волн по профилям удалось провести только в области первых вступлений. При корреляции использовались кинематические и динамические особенности волн.

На профиле I выделены две преломленные волны t_1 и t_2 . Волна t_1 имеет кажущуюся скорость $V^* = 3500$ м/сек и наблюдается лишь при регистрации на западном конце профиля. Волна t_2 прослеживается и в прямом,

в обратном направлении; форма ее хорошо выдерживается от взрыва к взрыву. Встречные годографы этой волны увязываются во взаимных точках. Следует отметить, что были получены достаточно интенсивные записи волны t_2 при взрывах сравнительно небольших зарядов (2,5 кг) на расстоянии до 30 км от точки регистрации.

Волна t_2 выделяется также на профиле II . Ее удалось уверенно проследить до расстояния 25 км от северного конца профиля. Встречные годографы на этом профиле из-за плохих метеорологических условий не были получены.

По годографам волны t_2 построены сейсмические разрезы, которые приведены в нижних частях рис. 2 и 3. Для построения границы, соответствующей

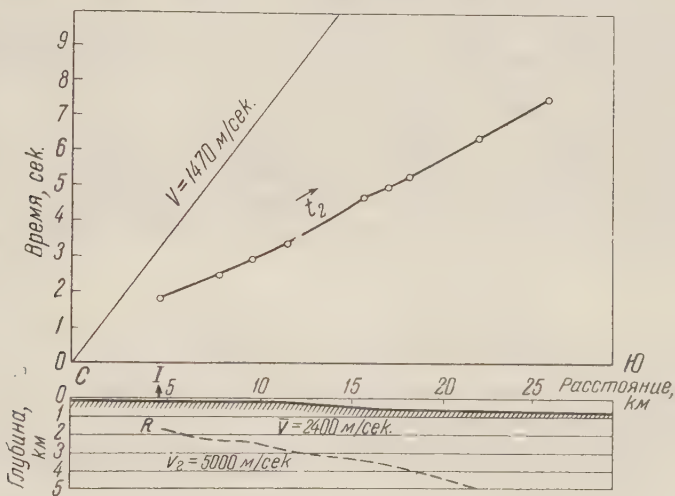


Рис. 3. Годографы и сейсмический разрез по профилю II

Для волны t_2 была принята средняя скорость распространения сейсмических волн в покрывающей толще $\bar{V} = 2400 \text{ м/сек.}$, определенная по точке пересечения годографов волн t_1 и t_2 . Используемый метод определения имеет, как известно, небольшую точность ($\pm 10\%$). Однако отметим, что подобное значение средней скорости для верхней толщи пород исследуемого района получено также в работе (3) путем интерполяции сейсмокаротажных данных.

Разрез по профилю I строился методом полей времен (4). Граница R характеризуется граничной скоростью V_r , равной около 5000 м/сек. Пунктиром показаны части преломляющей границы, построенные по неперекрывающимся отрезкам годографов t_2 и t_2 в предположении, что граничная скорость на этих участках остается неизменной. Граница R погружается на запад; видимый угол ее наклона равен приблизительно 7° и возрастает в месте перегиба границы до 15° . Для построения границы, соответствующей волне t_1 , данных недостаточно.

Сейсмический разрез по профилю II строился также методом полей времен, причем на основании кинематических и динамических признаков принято, что волна t_2 соответствует той же границе R . Значение средней скорости взято также $V = 2400 \text{ м/сек.}$ За исходную точку при построении принята глубина границы R в месте пересечения профилей, определенная по профилю I . Допускается, что V_r неизменна и равна 5000 м/сек и что явление проникания отсутствует. В силу всех указанных предположений разрез по профилю II , естественно, является менее достоверным, чем разрез по профилю I , и положение преломляющей границы показано пунктиром.

Граница R по второму профилю падает на юг; угол падения достигает $10-15^\circ$.

При геологической интерпретации сейсмических разрезов мы исходили из полученных значений граничной и средней скорости распространения сейсмических волн, которые характеризуют физические свойства преломляющего пласта и покрывающих его пород. Использовались данные об упругих свойствах горных пород в районе передовых прогибов Альпийской геосинклинальной области юга СССР, приведенные в работе ⁽³⁾, и фациальные схемы М. В. Муратова для Черного моря ⁽⁵⁾. Опираясь на эти данные границу R можно предположительно отнести к кровле мощных известняков среднего эоцена (скорость распространения сейсмических волн около 5000 м/сек). Выше, по-видимому, залегают глинистые и песчано-глинистые отложения верхнего палеогена, неогена и четвертичного периода, имеющие среднюю скорость распространения сейсмических волн около 2400 м/сек. Граница, соответствующая волне t_1 на профиле I , вероятно, связана с одним из пластов песчаников этой толщи.

Отмечаемое на профиле I падение границы R отражает погружение мегантиклинория Большого Кавказа в западном направлении. По второму разрезу (профиль II) можно судить о поведении соответствующих напластований южного крыла этого мегантиклинория в районе Анапы.

Поступило
19 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. В. Муратов, Бюлл. МОИП, отд. геол., **32**, 5, 55 (1957). ² М. В. Муратов, Бюлл. МОИП, отд. геол., **30**, 5, 27 (1955). ³ В. Б. Соллогуб, Тр. Инст. геол. наук АН УССР, сер. геофиз., в. 1, 93 (1956). ⁴ Ю. В. Ризниченко, Прикладная геофизика, в. 1 (1945). ⁵ М. В. Муратов, Тектоника СССР, **2**, М.—Л., 1949.

Академик В. В. ШУЛЕЙКИН

ТОЧНЫЙ ИНТЕГРАЛ УРАВНЕНИЯ ПОЛЯ ВЕТРОВЫХ ВОЛН В ОКЕАНЕ И ЕГО ФИЗИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Приближенное интегрирование уравнения поля ветровых волн в океане ^(1,2) и аналогичного уравнения, выведенного для мелководных морей ⁽³⁾ и ⁽²⁾, стр. 103)) позволило нам проследить за распределением высот волн на протяжении от наветренного берега до подветренного и по истечении различных сроков с начала работы ветра. Даже приближенные решения удовлетворительно согласовались с результатами непосредственных измерений волн в природных условиях. Основные дифференциальные уравнения записывались нами в безразмерной форме с последующим определением масштабов по заданным частным условиям ⁽⁴⁾. Применительно к волнению в океане было установлено, что безразмерная высота волн η связана с безразмерным временем τ и безразмерным расстоянием ξ от наветренного берега (или наветренной границы штормового района в океане) уравнением

$$\partial\eta/\partial\tau = 1 - \eta - \eta^{1/2}\partial\eta/\partial\xi. \quad (1)$$

Недавние исследования уравнений подобного типа (так называемых квазилинейных уравнений), произведенные А. Н. Тихоновым и А. А. Самарским ⁽⁵⁾, дают возможность по-новому подойти к уравнению (1) и показать, что его точный интеграл вполне определяется теми точными решениями, которые были раньше найдены нами применительно к двум простым условиям: а) к распределению высот установившихся волн на различных расстояниях ξ от наветренного берега; б) к нарастанию высоты волн η за срок работы ветра τ на весьма большом расстоянии от наветренного берега (теоретически бесконечном). На основании известного соотношения между логарифмами и обратными гиперболическими функциями можно по ^(1,2) записать для условия «а»

$$\xi = 2\text{Ar th } \eta^{1/2} - 2\eta^{1/2}. \quad (2)$$

Для условия «б» работы ^(1,2) дают

$$\eta = 1 - e^{-\tau}. \quad (3)$$

Математические исследования ⁽⁵⁾ показывают, что на некоторой плоскости в прямоугольной системе координат τ , ξ должна существовать линия разрыва $\xi(\tau)$: по одну сторону от нее соблюдается условие «а» благодаря тому, что здесь $\partial\eta/\partial\tau = 0$; по другую сторону вступает в силу условие «б», так как здесь $\partial\eta/\partial\xi = 0$. По методу ⁽⁵⁾ ищется дифференциальное уравнение линии разрыва, посредством перехода от $\Delta\xi/\Delta\tau$ к пределу $d\xi/d\tau$.

Отметим здесь, что последний член правой части (1) может быть представлен как $\frac{\partial}{\partial\xi} [2/3\eta^{3/2}]$. Обозначим функцию η близ линии разрыва на одном конце весьма малого отрезка $\Delta\xi$ через $\eta(\tau)$, а на другом конце отрезка через $\eta(\xi)$. Тогда по методу ⁽⁵⁾ окажется в пределе

$$\frac{d\xi}{d\tau} = \frac{2}{3} \frac{\eta(\tau)^{3/2} - \eta(\xi)^{3/2}}{\eta(\tau) - \eta(\xi)}. \quad (4)$$

На основании естественных физических соображений запишем, что разрыв начинается свое движение по поверхности океана от самого наветренного берега (или наветренной границы шторма). Тогда надо будет принять, что при $\tau = 0$ $\xi = 0$. Кроме того, в формуле (4) при бесконечно малых τ и ξ числитель является бесконечно малой высшего порядка по сравнению со знаменателем. Значит, $d\xi/d\tau = 0$ при $\tau = 0$.

Разбивая время τ на малые промежутки, равные 0,1, мы проинтегрировали (4) по приближенному числовому методу Эйлера — Коши ⁽⁶⁾. Обнаружилось, что при подходе слева и справа к найденной линии испытывают разрыв только $\partial\eta/\partial\tau$ и $\partial\eta/\partial\xi$, а η изменяется непрерывно. Этим создается второй — более точный — способ построения, который основан на физическом смысле явлений:

1. На начальной стадии возникновения ветровых волн даже очень близко к наветренному берегу еще не может сказаться неравенство потоков

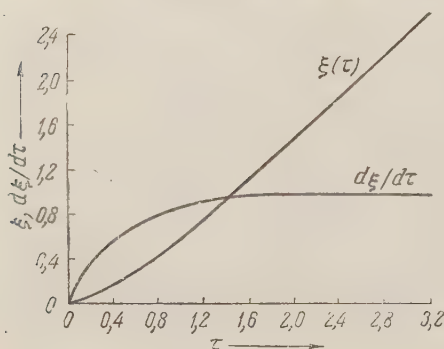


Рис. 1

энергии, вносимой и выносимой из какой-то единичной вертикальной призм

мы в толще воды ^(1,2), а потому практически на всем протяжении моря волны могут развиваться в соответствии с уравнением (3): расход энергии на единицу поверхности моря вызывается только внутренним турбулентным трением в воде.

2. Развиваясь с течением времени по закону (3), волны на каком-то расстоянии ξ_k от наветренного берега успеют вырасти лишь до той высоты η_k , которая соответствует установившемуся волнению на данном расстоянии.

3. После этого на протяжении ξ_k от наветренного берега будет существовать установившееся волнение, а само протяжение ξ_k будет непрерывно увеличиваться с течением времени, поскольку все дальше от наветренного берега станет наступать своего рода «насыщение».

4. В итоге линия разрыва $\xi(\tau)$ опишет закон постепенного продвижения своеобразного «фронта» от наветренного берега в открытое море. Позади такого «фронта» будет установившееся волнение, характеризующее уравнением (2). Впереди «фронта» высота волн будет расти по закону, описанному уравнением (3).

5. В точках, лежащих на самом «фронте», высота волн должна однозначно определяться и по (2) и по (3), а это осуществляется, когда ξ в (2) и τ в (3) служат координатами одной и той же точки на вспомогательной диаграмме — на линии разрыва $\xi(\tau)$.

Именно на таком основании построена линия $\xi(\tau)$ на рис. 1. Задавшись определенным значением τ , мы находили по (3) соответствующие значения η . Подставив полученную величину η в (2), определяли то расстояние ξ до наветренного берега, на котором η соответствует установившемуся волнению. Иными словами, на рис. 1 по оси абсцисс отложены выбранные значения времени τ , в продолжение которого «фронт» двигался в открытое море, а по оси ординат — расстояния ξ , на которые «фронт» успевал отойти от наветренного берега за время τ . Кривая $\xi(\tau)$, построенная таким образом, совпадает с найденной путем численного интегрирования (4).

Располагая вспомогательной кривой рис. 1, построим в диметрической проекции поверхность $\eta(\xi, \tau)$, которая даст геометрическое представление точного интеграла уравнения (1): на рис. 2, где под осями ξ и τ проставлены целые значения соответствующих величин, а промежутки разбиты на отрезки 0,2; такие же отрезки отмечены точками на оси η . Как видно из рис. 2 это весьма интересная поверхность, распадающаяся на две цилиндрические поверхности, которые пересекаются по линии двоякой кривизны OK . Заставляя вертикальную прямую (параллельную оси η) скользить по линии OK , получим третью цилиндрическую поверхность, пересекающуюся с координатной плоскостью $\xi\tau$ по кривой OK' . Легко видеть, что OK' — это вспомогательная кривая $\xi(\tau)$, перенесенная сюда с рис. 1 (по при другой ориентации осей

τ, ξ). Значит, найденная на рис. 2 поверхность $\eta(\xi, \tau)$ с изломом по линии OK дает полное представление о физическом смысле безразмерных высот волн η : слева от ребра OK лежит область установившихся волн, а справа от OK — область волн, нарастающих во времени. На всех расстояниях от наветренного берега ξ нарастание η идет по одному и тому же закону (3), но оно заканчивается тем раньше, чем меньше ξ ; при дальнейшем увеличении τ высота η остается неизменной, как показывают линии, параллель-

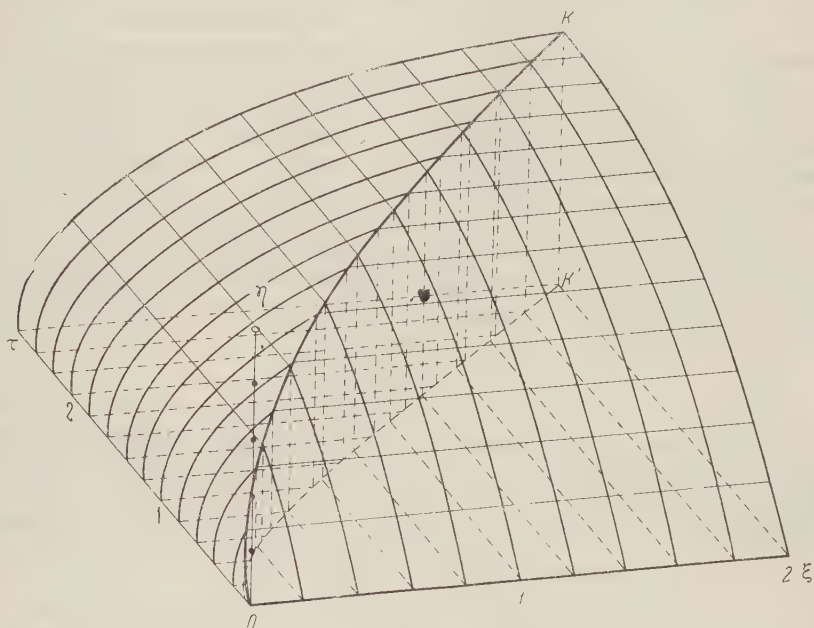


Рис. 2

ные оси τ на рис. 2. Столь же универсален закон распределения высот установившихся волн (2): все вертикальные плоскости на рис. 2, параллельные оси ξ , дают одинаковые кривые при пересечении с поверхностью $\eta(\xi, \tau)$, но при различных значениях срока работы ветра τ отрезки этих кривых от оси τ до ребра OK неодинаковы: чем дольше работал ветер, тем дальше от берега распространилась область установившегося волнения; за ее пределами, справа от ребра OK , все высоты нарастающих волн в этот момент одинаковы, как показывают на рис. 2 прямые, параллельные оси ξ . Легко убедиться, что во всех точках найденной поверхности $\eta(\xi, \tau)$ на рис. 2 удовлетворяется дифференциальное уравнение поля волн (1).

До сих пор мы исследовали здесь поведение безразмерной функции η при изменениях двух безразмерных аргументов ξ, τ . На основании нашей работы (4) осуществляется переход от этих (весьма удобных для исследования) величин к величинам, наиболее важным практически. Именно η представляет собой отношение высоты волн в данный момент в данной точке океана к той наибольшей высоте, какая может возникнуть при заданной скорости ветра V на чрезвычайно большом расстоянии от наветренного берега и через весьма большой срок работы этого ветра (теоретически бесконечных).

Связь истинного расстояния x от наветренного берега с безразмерной величиной ξ определяется масштабным соотношением (5) из работы (4). Связь истинного времени работы ветра t с безразмерной величиной τ дана в масштабном соотношении (9) в той же работе (4). Там же показано, как находится второе приближение при вычислении высоты волн в различных точках океана в различные сроки. Сейчас мы воспользуемся соотношениями (5) и (9) из (4) для другой цели: выясним до конца физический смысл

движения нашего «фронта» от берега в открытый океан. Для этого прежде всего вернемся к рис. 1, где кривая $\xi(\tau)$ показывает, как постепенно распространяется все дальше и дальше воздействие наветренного берега при развитии волн, короче говоря, как все дальше и дальше начинает сказываться «береговой эффект».

Скорость продвижения «фронта» задавалась уже формулой (4), служившей для приближенного интегрирования. Для надежности мы еще определили $d\xi/d\tau$ по кривой $\xi(\tau)$, построенной на рис. 1. В результате получилась кривая $d\xi/d\tau$, также нанесенная на рис. 1 и показывающая, что уже по истечении срока $\tau = 1,2$ величина $d\xi/d\tau$ достигает значения, превышающего 0,9, и затем медленно стремится к конечному значению $(d\xi/d\tau)_{\infty} = 1$.

С другой стороны, на основании (5) и (9) из (4) можно по известной величине $d\xi/d\tau$ определить практически важную величину dx/dt — истинную скорость продвижения «фронта». Это скорость сперва быстро, а потом медленно нарастает. Определим ее только применительно к конечному этапу развития волн, на котором масштабные отношения x/ξ и t/τ меняются очень медленно. В числителе и в знаменателе выражения, полученного на основании (5) и (9) из (4), окажутся общие множители, попавшие туда из указанных соотношений. После сокращения на эти общие множители получим

$$\frac{dx}{dt} = 0,895 \frac{2\pi}{9} \frac{d\xi}{d\tau} f_{\infty} V. \quad (5)$$

Здесь f_{∞} , согласно (4), обозначает частное от деления фазовой скорости наибольших волн, возможных при скорости ветра V , на самую скорость V . Значит $f_{\infty} V = c$.

Подставим в (5) найденное конечное значение $d\xi/d\tau = 1,0$. Тогда окончательно:

$$dx/dt = 0,625c. \quad (6)$$

Вероятно, не следует придавать специального значения величине 0,625 в (6): есть основания полагать, что она отличается от $1/2$ лишь потому, что во все исходные уравнения баланса энергии волн для разрешимости задачи в квадратурах мы подставляли классическое выражение энергии волн. В действительности же, на основании исследований А. И. Некрасова (7) и нашей работы (8), надо считать, что на конечном этапе развития волн их энергия на 25% превышает величину, получаемую по классической формуле. С другой стороны, поток энергии, переносимой волнами, равен произведению энергии волн на половину их фазовой скорости. Именно изменчивость этого потока при удалении от наветренного берега порождает последний член в правой части (1). Сохранив прежнюю величину потока энергии, уменьшим на 25% множитель при c в (6). Тогда окажется, что скорость продвижения «фронта» равна групповой скорости волн. Именно групповой скоростью волн здесь продвигается в океан «береговой эффект».

За ценный совет по применению новой теории квазилинейных уравнений приношу благодарность А. Н. Тихонову.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
28 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Шулейкин, ДАН, 98, № 3, 384 (1954). ² В. В. Шулейкин, Тр. Морск. гидрофиз. инст. АН СССР, 9, 94 (1956). ³ В. В. Шулейкин, ДАН, 104, № 2, 215 (1955); 104, № 3, 397 (1955). ⁴ В. В. Шулейкин, ДАН, 119, № 6 (1958). ⁵ А. Н. Тихонов, А. А. Самарский, ДАН, 99, № 1, 27 (1954). ⁶ В. И. Смирнов, Курс высшей математики, 2, 1953, стр. 29. ⁷ А. И. Некрасов, Точная теория волн установившегося типа на поверхности тяжелой жидкости, Изд. АН СССР, 1951, стр. 20. ⁸ В. В. Шулейкин, ДАН, 111, № 2, 348 (1956).

К. В. БЕКЛЕМИШЕВ и В. С. КОРОТКЕВИЧ

ЗООПЛАНКТОН ИНДИЙСКОГО СЕКТОРА АНТАРКТИКИ*

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 23 IV 1958)

Материал для настоящей работы был собран авторами во время II рейса Морской антарктической экспедиции на «Оби» в январе — апреле 1957 г. Ниже мы касаемся зоопланктона, собранного к югу от субантарктической конвергенции между 20 и 97° в. д. Большинство станций располагалось южнее 60° ю. ш. Мы применяли сети Джеди (диаметр 37 см, газ № 38) и сети Нансена (диаметр 100 см, газ №№ 27 и 140). Всего было использовано 640 проб, из них 550 количественных. Мы рассмотрим особенности биологических сезонов в антарктическом планктоне** и связь его распределения с распределением водных масс, в частности — связь фаунистических границ с границами водных масс, влияние структуры антарктической дивергенции на возникновение массовых скоплений евфаузиид и влияние холодной промежуточной водной массы на вертикальное распределение зоопланктона.

Наиболее раннее весеннее состояние антарктического зоопланктона мы встретили на крайнем юге у самых льдов под 69° 46' ю. ш., 20° 19' в. д. 21 II. Здесь на поверхности было очень много науплиев, глубже 25 м преобладали личинки евфаузиид на стадиях calyptopis и furcilia, и было много нектохет. *Calanus acutus* и *Metridia gerlachei* были в основном представлены старшими стадиями перезимовавшего поколения и младшими стадиями нового. Более позднее весеннее состояние зоопланктона мы нашли в море Дэвиса и к северу от него до 60° ю. ш. в январе и у берегов Ларса Кристенсена и Королевы Мод в феврале: науплиев было уже немного, у копепод преобладали VI и младшие копеподитные стадии, личинок евфаузиид было мало. Биологической весной мы нашли «цветение» фитопланктона.

Летнее состояние планктона мы нашли в восточной части района работ в конце января около 59° ю. ш. и в западной его части в конце февраля севернее 68° ю. ш. Калянусы находились преимущественно на IV копеподитной стадии, иногда бывало много молодежи евфаузиид. В феврале — марте планктон находился в летнем состоянии от 68° ю. ш. почти до антарктической конвергенции. Почти по всей этой акватории, на протяжении около 1600 км, наблюдалось интенсивное «цветение». В середине апреля на 97° в. д. между 63 и 54° ю. ш. преобладали IV—V стадии копепод и встречалась молодежь евфаузиид, «цветение» было лишь между 62° и 63° 30' ю. ш. Между 63° 30' и 59° 30' ю. ш., т. е. в северной части «цветения» и к северу от него, было обнаружено скопление *Calanus acutus* и особенно *C. propinquus* с численностью до 30 и 41 экз/м³, соответственно. Сходное распределение планктона было найдено за год перед тем, в этих же местах (¹). В отличие от арктических морей, в антарктических морях в летний биологический сезон бывает «цветение», особенно в начале лета. Таким образом, в Антарктике копеподы обеспечены с избытком питанием по крайней мере до IV копеподитной стадии, тогда как в Арктике — не более чем до II стадии. В заливе Олаф Прюдс, где вблизи «Западного Оазиса» максимальная поверхностная температура воды была 2,68°, летнее состояние зоопланктона было найдено уже в конце января. В открытом море планктон был в это время в летнем состоянии лишь в 875 км к северу (температура 1,5°); в промежутке он был в весеннем состоянии. Летнее состояние планктона в заливе Олаф Прюдс не было результатом установления температур, свой-

* По материалам II рейса Морской антарктической экспедиции АН СССР.

** В определении границ сезонов мы следовали В. Г. Богорову (²).

ственных нормальному летнему сезону. Вероятно, дело в том, что более теплый залив освобождается ото льда раньше, чем примыкающие к нему с севера открытые акватории.

Конец лета мы встретили в конце марта — начале апреля на широтном разрезе примерно по 52° ю. ш. вдоль антарктической конвергенции от $40^{\circ}21'$ в. д. до о. Херда (где калянусы находились на IV—V стадиях и фитопланктона было мало), а также на 20° в. д. между 55° и 50° ю. ш. и на 97° в. д. — между 54° и $50^{\circ}40'$ ю. ш. в начале марта и в середине апреля, соответственно (где у калянусов преобладали уже V стадии, а у *C. acutus* на 52° ю. ш., 20° в. д. были и молодые копеподиты, по-видимому, второй генерации). Второе размышение *C. acutus* в 50-х широтах допускает и Оттестад ⁽³⁾. В середине апреля около ледника Шеклтона у кромки сплошного пакового льда под 64° ю. ш., $98^{\circ}30'$ в. д. мы застали довольно бедный планктон. *Calanus acutus*, *C. propinquus* и *Metridia gerlachei* были на V—VI стадиях, фитопланктона было мало. Вероятно, планктон находился здесь в зимнем состоянии вследствие недавнего освобождения ото льда. Сравнение с биологическими сезонами в арктических морях ⁽²⁾ показывает, что биологические сезоны в Антарктике и в северном полушарии в принципе сходны, но Антарктика отличается более сильным и длительным весенне-летним развитием водорослей.

К северу от Земли Эндерби, где в районе антарктической дивергенции между 60° и 64° ю. ш. в центре циклонического вращения имел место значительный подъем вод, мы встретили у поверхности большие скопления *Euphausia superba*. В этом месте в сеть Джеди попадалось более 50 особей евфаузиид в 1 м^3 . На поверхности были видны пятна этих рачков диаметром около 100 м. Подростающая молодежь *E. superba* обитает преимущественно в промежуточном теплом слое, а на антарктической дивергенции поднимается к поверхности. В нашем случае усиление подъема вод в центре циклона вызвало скопление у поверхности повышенного количества евфаузиид. В Атлантическом секторе Антарктики скопления евфаузиид тоже бывают приурочены к центрам районов с циклоническим вращением вод ⁽⁴⁾. Для оценки повторяемости и длительности существования скоплений евфаузиид с точки зрения промысла надо знать степень постоянства подъема вод в связи с циклонической циркуляцией атмосферы в этом районе.

Антарктические и бореальные калянусы по вертикальному распределению различаются между собой одной важной особенностью. Бореальные калянусы (в северо-западной части Тихого океана) обычно имеют пониженную численность в промежуточной холодной водной массе (называемой также холодным промежуточным слоем) ⁽⁵⁾. Антарктические *Calanus propinquus*, *Calanus acutus*, *Rhincalanus gigas* часто увеличиваются в числе именно в этом слое, а в более теплых водах встречаются даже только в нем. Это было наиболее ясно выражено на более тепловодных разрезах (например, к северу от Земли Эндерби). Очевидно, для антарктических рачков благоприятны низкие температуры, имеющиеся на сравнительно тепловодных разрезах главным образом в холодном промежуточном слое. Причина этого, вероятно, лежит в большей олиготермофильности антарктических видов по сравнению с бореальными. Так, на меридиональном разрезе к северу от Земли Эндерби *Calanus acutus* имел наибольшую численность в прибрежной воде западного дрейфа, имеющей температуру ниже 0° и соленость ниже $34,5\text{‰}$. Далее на север по разрезу, в восточном дрейфе, он выше 200 м в основной массе не поднимался, держась в горизонте 50—100 м, в промежуточном холодном слое, имеющем те же термогалинные характеристики. В более теплой воде в горизонтах 0—50 и 100—200 м *Calanus acutus* не было. *Rhincalanus gigas* тоже имел максимум численности в промежуточном холодном слое.

Субантарктическая конвергенция, служащая границей тропической и антибореальной зоогеографических областей, была пересечена нами на 40° ю. ш. по меридианам 20, 29 и 97° в. д. Антарктическая конвергенция

(граница антибореальной и антарктической областей) — на 51° ю. ш. по меридианам $20^{\circ} 30'$ и 97° в. д.

Граница тропической и антибореальной областей имела на 20° в. д. очень сложное строение. Около $40\text{--}42^{\circ}$ ю. ш. был найден подъем холодной воды, заметный в верхних 150 метрах*; с этой водой поднимался в верхние слои антибореальный *Calanus simillimus*, найденный у поверхности лишь в холодноводной части антибореальной области. Севернее 40° ю. ш. проходила очень резкая гидрологическая граница, за которой сразу следовала мощная и глубокая струя теплой воды, населенная в основном тропическим планктоном. Граница антибореального и тропического населения была тут очень резка. Но к югу от этой границы на станции № 256 ($42^{\circ} 54'$ ю. ш., $20^{\circ} 06'$ в. д. в антибореальной области, сразу к югу от подъема холодной воды) к антибореальному планктону были примешаны тропические виды. Например, из моллюсков там были найдены: *Limacina balea* и *Atlanta* sp. Такое смешение разнородных в зоогеографическом отношении видов доказывает очень сложные гидрологические условия и смешение вод разного происхождения. Граница тропической и антибореальной областей на 97° в. д. была, в отличие от 20° в. д., довольно равномерно размита.

Граница антибореальной и антарктической областей на $20^{\circ} 30'$ в. д. была очень резка, но имела простое строение. На 97° в. д. ее строение было несколько сложнее. *Calanus propinquus*, *C. acutus* и *Rhincalanus gigas* встречались на поверхности до 51° ю. ш. На $49^{\circ} 35'$ ю. ш. они исчезли из слоя 0—500 м, вода резко потеплела, и в ней появились в этом слое антибореальные виды. На $47^{\circ} 58'$ ю. ш. в слое 200—500 м было замечено поднятие холодной воды, населенной *C. acutus* и *Rh. gigas*. Далее на север они исчезли окончательно. На $20^{\circ} 30'$ в. д. ширина зоны смешения между антибореальной и антарктической областями равнялась примерно 215 км, на 97° в. д. — примерно 325 км.

Зоогеографические границы, проходящие в зонах конвергенции, представляют собой полосы, где имеются вихревые движения воды. Эти вихри местами вызывают подъемы холодных вод, местами — увеличение слоя поверхностной теплой воды. В соответствии с этим и поверхности раздела между арсалами отдельных планктонных животных не плавные, а пестрят куполами и провалами. Вместе с тем каждый вид четко отграничен от видов, обитающих в соседней водной массе. Смешение их между собой (как на станции № 256) встречается не часто. Границы распространения видов имеют сложную форму, но хорошо связаны с границами водных масс и тем более резки, чем резче градиенты гидрологических характеристик. Сходное строение биогеографическая граница между бореальной и тропической фауной имеет в пелагиали северо-западной части Тихого океана, хотя некоторые отличия и возникают из-за муссонного характера циркуляции атмосферы в этом районе (⁶,⁷). Таким образом, возникает необходимость типизации различных форм пелагических биогеографических границ в связи с гидрологической обстановкой.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
8 IV 1958

Зоологический институт
Академии наук СССР

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ К. А. Бродский, М. Е. Виноградов, ДАН, 112, № 5 (1957). ² В. Г. Богоров, ДАН, 19, № 8 (1938). ³ P. Ottestad, Hvalrædets Skrifter, № 5 (1932). ⁴ N. A. Macintosh, Disc. Rep., 9, 65 (1934). ⁵ М. Е. Виноградов, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 8 (1954). ⁶ К. В. Беклемишев, Г. И. Семина, ДАН, 108, № 6 (1956). ⁷ К. В. Беклемишев, В. А. Бурков, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 27 (1958).

* Все гидрологические данные приводятся по отчету гидрологического отряда II рейса Морской антарктической экспедиции (начальник отряда — К. В. Морошкин).

О. И. КОБЛЕНЦ-МИШКЕ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФОРМ ФИТОПЛАНКТОНА В СВЯЗИ С ОСНОВНЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 23 IV 1958)

В июле — сентябре 1957 г. в западной части Тихого океана был проведен 25-й рейс научно-исследовательского судна Института океанологии АН СССР «Витязь» — 1-й рейс по программе Международного геофизического года. В продолжение всего рейса изучался качественный состав фитопланктона, что дало возможность разбить исследованную часть Тихого океана на фитогеографические районы.

Качественный состав фитопланктона учитывался в пробах, взятых сетью Джеди из столба воды 0—100 м. В зависимости от богатства пробы под микроскопом просматривался объем от 0,05 до 0,15 мл.

Маршрут 25-го рейса (см. рис. 1) охватил в основном тропическую биогеографическую область. В северной части маршрута наблюдалась зона смешения вод бореальной и тропической областей. В собственно тропической области были встречены течения: Куроисио, Северное пассатное, Межпассатное и Минданао.

В зоне смешения был встречен ряд бореальных видов, таких как *Chaetoceros concavicornis*, *Ch. atlanticus*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Ceratium tripos*, и ряд тропических: *Dinophysis tripos*, *Chaetoceros coarctatus*, *Rhizosolenia styliformis* v. *latissima*.

Самая северная станция, на которой была встречена настоящая тропическая флора, расположена на $36^{\circ} 19' \text{ с. ш.}$ и на $147^{\circ} 45' \text{ в. д.}$ Наиболее характерным для тропической области видом нужно считать перидинею *Pyrocystis pseudonostilica*. Начиная с упомянутой станции, она встречалась повсеместно к югу по маршруту. Почти повсеместно были встречены также *Pyrocystis fusiformis* и *Amphisolenia bidentata*. Распространение *P. fusiformis* было лишь несколько ограничено в юго-восточной части маршрута. *A. bidentata* — в южной. Повсеместно в тропической области была также распространена синезеленая водоросль *Oscillatoria* sp. Остальные виды, частота встречаемости которых была достаточной для того, чтобы показать на карте их распространение, занимали зоны, до некоторой степени совпадающие с теми или иными течениями тропической области.

На картах (рис. 1 а—е) представлено распространение некоторых видов водорослей. На те же карты нанесены основные течения ⁽¹⁾.

Приведенные ниже виды можно разбить на три группы.

К первой группе относятся *Hemiaulus hauckii* (рис. 1 а) и *Rhizosolenia calcar-avis* (рис. 1 б), распространение которых в основном связано с Северным пассатным течением. Аналогичным же образом распространены *Asterolampra marylandica* и *Ceratocorys horrida* (карты не приводятся).

Область распространения второй группы форм, которая включает *Pyrocystis hamulus* (рис. 1 в) и *Chaetoceros coarctatus* (рис. 1 г), захватывает Куроисио, зону взаимодействия Куроисио и Северного пассатного течения, те

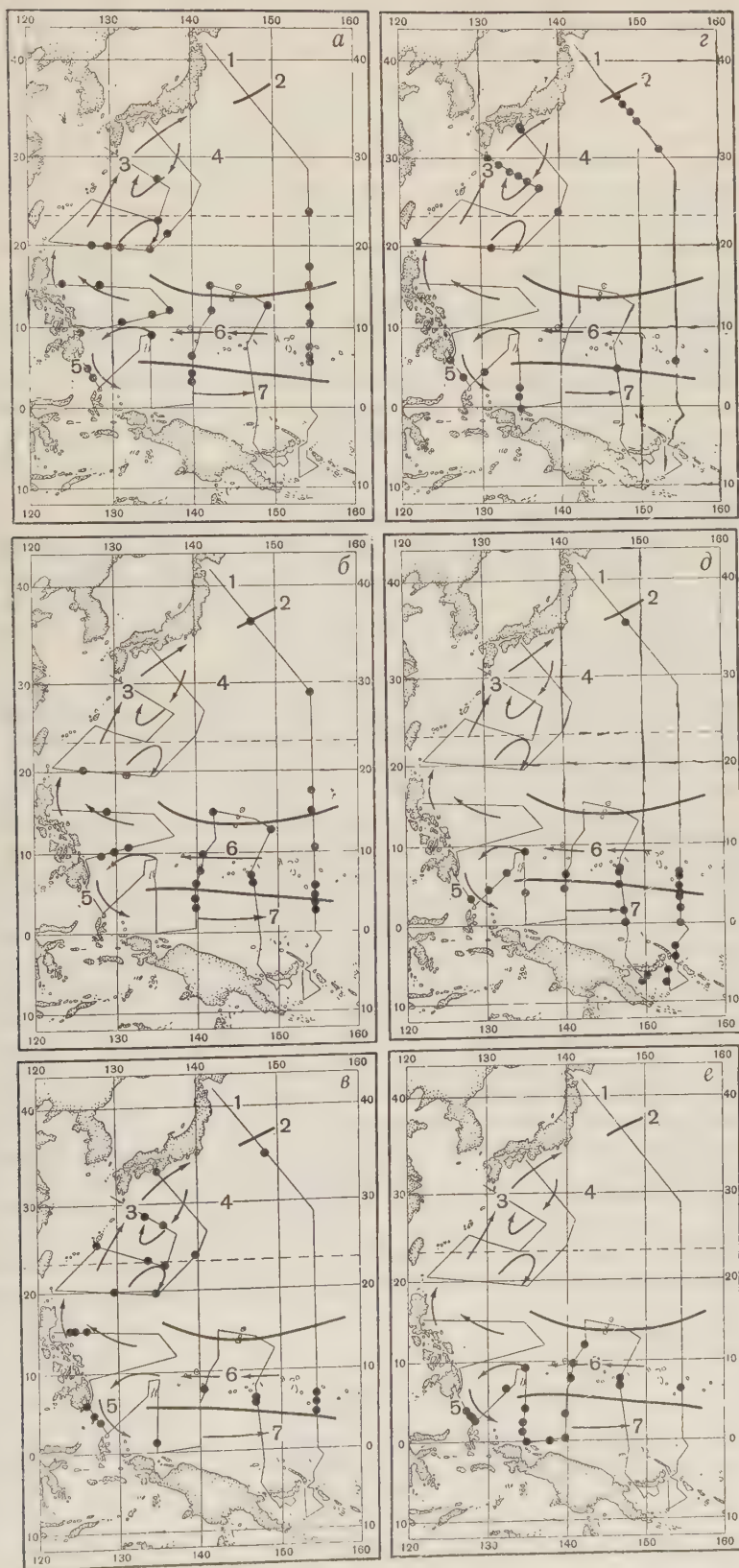


Рис. 1. Распространение некоторых форм фитопланктона. а — *Rhizosolenia saكارavis*, б — *Chaetoceros coarctatus*, в — *Planktoniella sol*, г — *Climacodium biconcavum*. 1 — зона взаимодействия субтропической и субэкваториальной водных масс, 2 — фронт Кurocиo, 3 — Кurocиo, 4 — зона взаимодействия Кurocиo и Северного пассатного течения, 5 — течение Минданао, 6 — Северное пассатное течение, 7 — Межпассатное течение

чение Минданао и часть Межпассатного течения, опоясывая таким образом Северное пассатное течение.

К третьей группе видов принадлежит *Planktoniella sol* (рис. 1 д), которая населяет Межпассатное течение и область, промежуточную между Межпассатным течением и Южным пассатным течением. К этим же видам относится, вероятно, и *Thalassiothrix delicatula* или близкий к нему вид, принятый за него. *Climacodium biconcavum*, который занимает (рис. 1 е) промежуточное положение между первой и третьей группами, был встречен в юго-западной части Северного пассатного и в западной части Межпассатного течений.

Следует отметить, что границы распространения видов большей частью шире, чем границы населяемых ими течений. Это вполне понятно, поскольку от каждого течения отходят боковые струи, и вместе с ними разносятся населяющие их организмы.

К северу от западной части Новой Гвинеи, у берегов Японии и в прибрежных участках Соломонова моря был встречен неритический комплекс фитопланктона. В этих местах наблюдалось усиленное развитие водорослей, в основном синезеленых. Следует отметить, что в пробах, взятых около Филиппинского архипелага, неритических форм найдено не было.

Список видов фитопланктона, обнаруженный в 25-м рейсе, далеко не исчерпывается перечисленными. Кроме них, заслуживают упоминания диатомовые: *Rhizosolenia hebetata*, *Rh. alata*, *Rh. imbricata*, *Rh. castracanei*, *Ethmodiscus rex*, *Coscinodiscus wailesii*, *Chaetoceros atlanticus* f. *audax*, *Ch. compressus*, *Thalassiothrix frauenteldii* — и перидинии: *Amphiosolenia trinax*, *Ceratium gravidum*, *Ornithocercus Stenii*.

Преимущественное распространение некоторых видов фитопланктона в тех или иных тропических течениях объясняется, вероятно, специфичностью условий, сложившихся в данном месте и в данное время. Поскольку примененная методика качественного анализа проб позволяет обнаруживать лишь более или менее массовые формы, не следует считать, что за границами распространения видов, представленными на картах, они не могут быть обнаружены при более тщательном анализе. Просто они там встречаются реже или глубже, чем в слое 0—100 м. Это видно, например, в случае с *Planktoniella sol*, которая была встречена в зоне взаимодействия субарктической и субтропической водных масс ⁽²⁾ Кроме того, указанные для некоторых видов области распространения, возможно, не окажутся постоянными, поскольку в другое время в данных местах могут сложиться иные условия существования, благоприятные для преимущественного развития других видов. Наоборот, благоприятные для данного вида условия могут в другое время сложиться в другом месте.

В заключение следует отметить, что на материалах 25-го рейса мы убедились в большом удельном весе диатомовых водорослей в качественном составе тропического фитопланктона. Приблизительно половина обнаруженных нами видов принадлежала к диатомеям. При этом некоторые из них подчас развивались в значительных количествах. Таков, например, *Nemaulus hauckii*, который играл роль массовой формы в Северном пассатном течении. На границе Северного пассатного и Межпассатного течений наблюдалось массовое развитие представителей рода *Rhizosolenia*.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
8 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. Т. Богданов, Б. Г. Попов, Отчет о работах 25 рейса э/с «Витязь», 1957.
² Г. И. Семина, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 27 (1958).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

С. З. БОКШТЕЙН, Т. И. ГУДКОВА, А. А. ЖУХОВИЦКИЙ и С. Т. КИШКИН

О ВЛИЯНИИ НЕОБРАТИМЫХ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ,
НА ДИФфуЗИОННУЮ ПОДВИЖНОСТЬ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 19 IV 1958)

В работе (¹) нами было показано, что в условиях наложения растягивающих напряжений существенно возрастает скорость самодиффузии железа, что связано со значительным уменьшением энергии активации процесса. Качественно аналогичные результаты были получены при наложении сжимающих напряжений в работах (^{2, 9}), автор которых объясняет этот эффект увеличением концентрации вакансий, образующихся в результате пересечения дислокаций под влиянием пластической деформации.

Представляет интерес выяснение вопроса о возможности влияния на диффузию также необратимых структурных изменений, возникающих в результате пластической деформации. В настоящей работе исследовалось влияние предварительной пластической деформации при высокой температуре на диффузию олова в никеле отдельно в объеме и по границам зерна.

Предварительная деформация плоских образцов производилась с помощью растягивающих напряжений $\sigma = 6 \text{ кг/мм}^2$ при температуре 700° в течение различного времени: 5; 25; 50 и 60 час. Время 60 час. соответствовало моменту разрушения. Величина деформации при этом менялась от 4,7 до 15,6%. После деформации из рабочей части образца вырезались пластинки, электролитически покрывались радиоактивным оловом и подвергались диффузионному отжигу при 800° в течение 135 час.

Коэффициенты диффузии определялись отдельно в объеме и по границам зерна с помощью метода вторадиографии косого среза (³). Поскольку нас интересовало относительное изменение коэффициентов диффузии, мы ограничились наиболее простым, хотя и неточным методом расчета, при котором объемная диффузия и пограничная диффузия рассматриваются как независимые (³).

Полученные результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1. Эти данные показывают, что предварительная деформация приводит к существенному увеличению скорости диффузии олова в никеле как по границам, так и в объеме. При этом эффект предварительной пластической деформации на развитых стадиях для объемной диффузии значительно

Таблица 1

Влияние предварительной пластической деформации на коэффициент диффузии олова в никеле при 800°

Время предварительной деформации, час.	Деформация δ , %	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^{12} \text{ см}^2/\text{сек}$	
		по зерну	по границе
0	0	0,48	7,6
5	4,7	0,96	13,0
25	10,0	2,42	18,1
50	13,0	4,30	22,0
60*	15,6	(32,00)	(45,0)

* Разрушение.

но больше, чем для граничной. При малых деформациях эффект на границах и по зерну примерно одинаковы, а при очень малых степенях деформации, как можно предполагать, по ходу кривой, влияние деформации по границам зерна больше, чем в зерне.

Анализ автордиограмм, полученных с образцов после предварительной деформации и последующего диффузионного отжига, показал, что диффузия во всех случаях протекает преимущественно по границам зерен.

Однако влияние границ зерен на скорость диффузии, в соответствии с указанным выше, уменьшается по мере увеличения степени предварительной пластической деформации (рис. 2). Сопоставление рис. 2а, 2б и 2г подтверждает сделанный вывод: после предварительной деформации 15,6% разница между плотностью почернения границ зерна и тела зерна резко уменьшается, тогда как после деформации 4,7% разница незначительна и автордиограмма мало отличается от наблюдаемой для недеформированного металла.

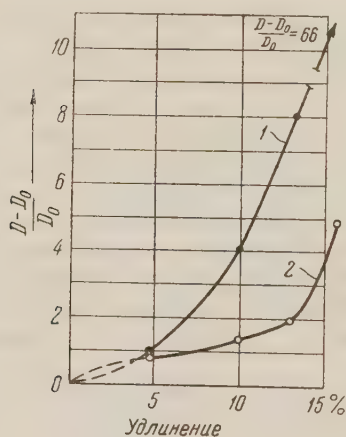


Рис. 1. Влияние деформации на относительное изменение коэффициента диффузии $\frac{D - D_0}{D_0}$ олова в никеле в объеме (1) и по границам зерна (2) (800°)

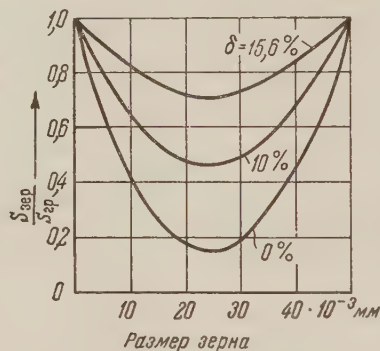
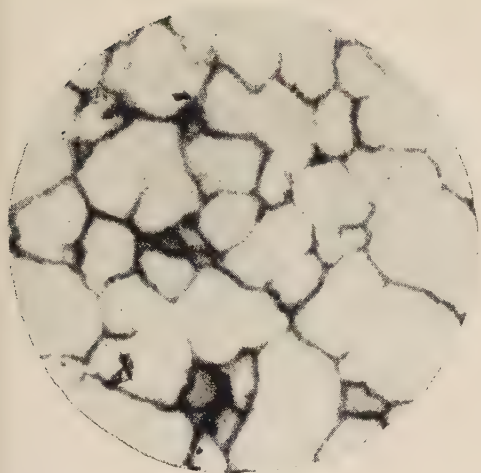


Рис. 3. Влияние предварительной пластической деформации на распределение относительной плотности почернения $S_{\text{зер}}/S_{\text{гр}}$ по зерну при диффузии олова в никеле (800°)

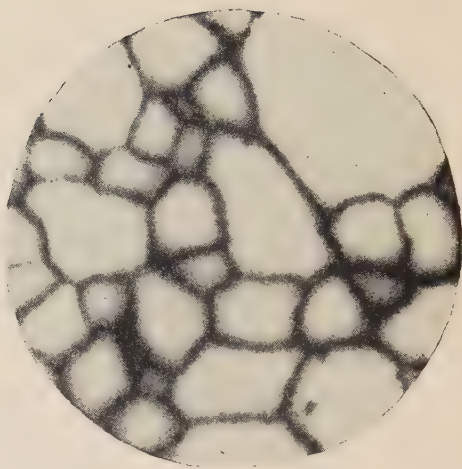
Количественно это подтверждается фотометрическими кривыми, полученными при измерении плотности почернения отдельных зерен (рис. 3). Соответственно уменьшается разница в коэффициентах диффузии по границам и внутри зерна по мере увеличения степени пластической деформации.

Полученные результаты можно объяснить, если предположить, что в результате пластической деформации при высоких температурах на различных стадиях ползучести происходят существенные изменения микроструктуры сплава, необратимые или требующие для восстановления нагрева до достаточно высоких температур. Как известно, под влиянием пластической деформации не только при низких, но и при высоких температурах имеет место процесс полигонизации структуры. В работе (4) это было, в частности, показано при деформации никеля растяжением 1—6%. При этом блочная структура сохранилась, несмотря на последующий после деформации отжиг при 800°. Рентгеновское исследование * показало, что

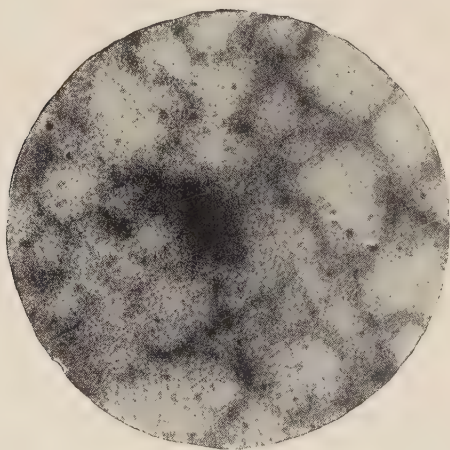
* Проведено Г. М. Ровенским.



a



b



c

Рис. 2. Влияние предварительной пластической деформации при температуре 700° и $\sigma = 6 \text{ кг/мм}^2$ на диффузию олова в никеле при 800° ; $50\times$. Авторадиограммы: *a* — $\tau = 0$, $\delta = 0$; *b* — $\tau = 5$ час., $\delta = 4,7\%$; *c* — $\tau = 25$ час., $\delta = 10\%$; *г* — $\tau = 60$ час., $\delta = 15,6\%$

указанная выше предварительная деформация при высоких температурах приводит к заметному измельчению блоков, сохраняющемуся после диффузионного отжига.

Развитие субструктуры металла может привести к ускорению процесса диффузии, что, в частности, вытекает из работ (5, 6).

Можно также предположить, что пластическая деформация при высоких температурах приводит к столь значительным изменениям структуры, что в микрообъемах происходит разрушение металла. В соответствии с представлениями (7) процесс разрушения металла может иметь место не только на конечных стадиях ползучести, но и на более ранних, что также может приводить к ускорению процесса диффузии.

Очевидно, что обсуждаемые необратимые структурные изменения должны оказать влияние на увеличение диффузионной подвижности в процессе пластической деформации. Для выяснения роли этих эффектов были поставлены специальные опыты по изучению диффузии олова в никеле и сплаве на его основе (ЭИ 437Б) при воздействии непосредственно во время диффузионного отжига растягивающих напряжений и деформаций. Напряжения во время диффузионного отжига накладывались на упомянутой выше машине, а коэффициенты диффузии определялись методом снятия слоев (8).

Результаты, полученные для случая диффузии олова в никеле при температуре 800° в течение 100 час., приведены в табл. 2.

Из сравнения табл. 1 и 2 видно, что в суммарном процессе диффузии, изучаемом методом снятия слоев, существенную роль играет пограничная диффузия. Эффект возрастания коэффициента диффузии близок при одинаковой деформации для суммарного коэффициента диффузии, протекающей во время деформации, и для коэффициента пограничной диффузии при предварительной деформации.

Таким образом, необратимые структурные изменения играют существенную роль в изменении диффузионной подвижности во время пластической деформации.

Отметим, что в сплаве ЭИ 437Б имеют место еще более значительные эффекты ускорения процесса диффузии под влиянием напряжения и деформации. Так, например, при напряжении в 16 кг/мм² и деформации в 1% коэффициент диффузии олова в никелевом сплаве возрастает по сравнению с ненапряженным состоянием почти в 10 раз ($25,2 \cdot 10^{-12}$ и $2,7 \cdot 10^{-12}$ см²/сек.).

Преимущественное влияние значительной предварительной пластической деформации на скорость диффузии внутри зерна по сравнению с диффузией по границам объясняется, вероятно, значительно менее упорядоченным строением последних. Поэтому дополнительные изменения в структуре и ускоряющий эффект пластической деформации на границах зерен относительно невелики. При малых степенях деформации ползучесть происходит преимущественно по границам зерен, поэтому ускоряющее действие деформации по границам зерна в этом случае должно быть даже больше, чем внутри зерна (рис. 1).

Таким образом, предварительная пластическая деформация приводит к существенному ускорению процесса диффузии, причем количественно по-разному внутри и по границам зерен.

Представляется важным установить, в какой степени увеличение коэффициента объемной диффузии обязано уменьшению размеров блоков и в

Таблица 2

Влияние напряжения и деформации на коэффициент диффузии в никеле при 800°

σ , кг/см ²	δ , %	$D \cdot 10^{12}$, см ² /сек
0	0	7
0,5	<0,3	15
1,0	0,6	19
1,5	1,3	21
2,0	8,8	24
2,5	14,0	29
3,0	16,6	35
3,5*	18,6	(41)

* Разрушение.

какой — увеличению коэффициента диффузии внутри и по границам блоков. Такой расчет не может быть сделан на основе известной модели Фишера⁽¹⁰⁾, однако отвечает модели, предложенной Б. С. Бокштейном, И. А. Магидсоном и И. Л. Светловым.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
авиационных материалов

Поступило
1 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Т. И. Гудкова, В. С. Горбатовидр., Зав. лаб., № 12 (1957). ² F. S. Buffington, M. Cohen, J. Metals, 4, № 8, 859 (1952). ³ С. З. Бокштейн, С. Т. Кишкин, Л. М. Мороз, Т. И. Гудкова, ДАН, 102, № 1, 73 (1955). ⁴ Э. Паркер, Т. Хэзлетт, Структура и свойства металлов, 1957. ⁵ П. Л. Грузин, Е. В. Кузнецов, Г. В. Курдюмов, Сborn. тр. Центр. н.-и. инст. черн. металл., 4, 494 (1954). ⁶ D. Turnbull, R. E. Hoffman, Acta Metall., 2, 419 (1954). ⁷ С. Т. Кишкин, ДАН, 95, 789 (1954). ⁸ П. Л. Грузин, ДАН, 86, 291 (1952). ⁹ M. Cohen et al., Acta Metall., 6, № 1, 68 (1958). ¹⁰ J. C. Fischer, J. Appl. Phys., 22, № 1 (1951).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

К. А. ОСИПОВ

**О ЗНАЧЕНИЯХ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ САМОДИФФУЗИИ
В ЖИДКИХ МЕТАЛЛАХ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 11 IV 1958)

Ранее автор показал⁽¹⁾, что значения энергии активации объемной самодиффузии ΔH в твердых металлах, получаемые из экспериментальных измерений коэффициентов самодиффузии, могут быть выражены уравнением

$$\Delta H = nq, \quad (1)$$

где n , как предполагается, — число одновременно активируемых атомов в группе; q — энергия активации, отнесенная к одному атому. Было показано, что в случае металлов с гранецентрированной кубической решеткой $n \simeq 3$.

Величина q была получена⁽¹⁾ из отношения абсолютных значений разности свободных энергий Гиббса, соответствующих состояниям твердого металла при заданной температуре T и при температуре плавления T_s ($298^\circ < T < T_s$), к произведению RT , где R — газовая постоянная:

$$q = \left[\frac{H_{T_s} - H_{298^\circ}}{T_s - 298^\circ} (6,7 - \ln T_s) - S_{298^\circ} \right], \quad (2)$$

где $H_{T_s} - H_{298^\circ}$ — разность значений теплосодержания (на 1 г-атом) твердого металла при температуре плавления и при стандартной температуре $298,16^\circ\text{K}$; S_{298° — энтропия (на 1 г-атом) твердого металла при стандартной температуре. Рассчитанные по уравнению (2) значения величины q сообщены в работе⁽²⁾.

Дальнейшее рассмотрение вопроса^(3,11) привело к заключению, что величина q может рассматриваться как предельное значение энергии активации самых разнообразных процессов, могущих протекать в твердых металлах.

Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные позволяют предположить, что значения энергии активации самодиффузии $\Delta H_{\text{ж}}$ в жидких металлах вблизи точки плавления должны подчиняться уравнению

$$\Delta H_{\text{ж}} = q - L, \quad (3)$$

где L — скрытая теплота плавления, а величина q рассчитывается по уравнению (2).

Значения величин, входящих в уравнение (3), представлены в табл. 1 для шести элементов. Для жидких Sn, Al и Mg значения $\Delta H_{\text{ж}}$ сообщены здесь по данным экспериментального изучения коэффициентов вязкости вблизи температур плавления, для Na и Pb — коэффициентов самодиффузии и для Fe — вязкости и самодиффузии. Значения $\Delta H_{\text{ж}}$ и разности $q - L$ в табл. 1 очень близки. Наибольшее расхождение имеет место для Pb.

Отметим, что значение $\Delta H_{\text{ж}} = 4,45$ ккал · моль⁻¹ для свинца было получено⁽⁴⁾ в результате изучения самодиффузии с помощью радиоактивного изотопа свинца. Метод вязкости дает для свинца значение $\Delta H_{\text{ж}}$, обычно немного большее 1 ккал · моль⁻¹. Этот пример показывает, что ме-

Значения величин L , q и $\Delta H_{\text{ж}}$ для некоторых металлов и металлоидов (в ккал·моль⁻¹)

Элемент	L (°)	q по уравнению (2)	$\Delta H_{\text{ж}}$ вблизи т-ры плавления	$q - L$	Элемент	L (°)	q по уравнению (2)	$\Delta H_{\text{ж}}$ вблизи т-ры плавления	$q - L$
Na	0,63	2,54	2,58 (°)	1,91	Mg	2,00	7,98	6,2—7,6*	5,98
β -Sn	1,69	4,52	2,56*(7)	2,83				(8)	
Al	2,55	7,19	4,89*(7)	4,64	Pb	1,19	8,04	4,45 (4)	6,85
					Fe	3,65	26,23	23,58(9,10)	22,58

* Вязкость при температурах: 232—365° С для Sn, 662—797° С для Al, 652—725° для Mg.

тод вязкости далеко не всегда позволяет правильно определить значения величины $\Delta H_{\text{ж}}$.

В случае железа и сплавов железо — углерод метод вязкости и метод радиоактивных изотопов приводят к совпадающим значениям величины $\Delta H_{\text{ж}}$. Об этом можно судить на основании рис. 1, где проведенная прямая одинаково хорошо удовлетворяет экспериментальным данным, полученным с помощью обоих методов. Значение $\Delta H_{\text{ж}}$ для железа в табл. 1 получено путем экстраполяции прямой, проведенной на рис. 1, до пересечения с осью ординат.

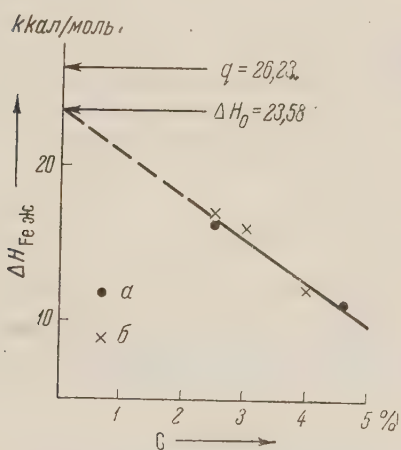


Рис. 1. График значений энергии активации самодиффузии (a) (10), и вязкости (b) (9) в жидкой системе железо — углерод

повой активацией атомов. В случае твердых металлов индивидуальная активация атомов при самодиффузии может иметь место только по границам зерен с большими значениями угла дезориентации; в этом случае для твердых металлов n может быть равно 1, однако величина ΔH , определенная для границ зерен, не может быть меньше q .

Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР

Поступило
3 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 К. А. Осипов, Изв. АН СССР, ОТН, № 7 (1957).
- 2 К. А. Осипов, ДАН, 121, № 4 (1958).
- 3 К. А. Осипов, Сборн. Исследования по жаропрочным сплавам, 3, Изд. АН СССР, 1958.
- 4 S. J. Rothman, L. D. Hall, J. Metals, 8, № 2, 199 (1956).
- 5 О. Кубашевский, Э. Эванс, Термохимия в металлургии, ИЛ, 1956.
- 6 N. H. Nachtrieb, G. S. Handler, Acta Metall., 2, № 6 (1954).
- 7 T. P. Yalvac, Kondic, J. Inst. Metals, 81, 1410 (1953).
- 8 M. F. Culpin, Proc. Phys. Soc., 7, № 455 B, 1079 (1957).
- 9 A. Wimmer, H. Theilmann, Stahl u. Eisen, 47, 3 (1927).
- 10 L. Yang, M. T. Simnad, G. Derge, J. Metals, 9, № 10, 1291 (1957).
- 11 К. А. Осипов, Изв. АН СССР, ОТН, № 9 (1958).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Е. Ф. ПЕТРОВА, М. И. ЛАПШИНА и Л. А. ШВАРЦМАН

РАСТВОРИМОСТЬ УГЛЕРОДА В АЛЬФА-ЖЕЛЕЗЕ

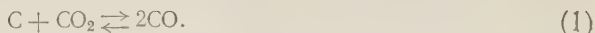
(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 24 IV 1958)

Экспериментальное определение растворимости углерода в α -железе связано со значительными трудностями, главным образом вследствие неточности химического анализа на содержание углерода при его концентрациях меньше 0,03 вес. %, а также из-за медленности установления равновесия.

В последнее время был выполнен ряд определений растворимости углерода в α -железе при температуре ниже эвтектоидной методом внутреннего трения ⁽¹⁾. Однако этот метод является лишь косвенным, и полученные данные несколько отличаются от найденных металлографически. Исследования термодинамическим методом в области α -железа немногочисленны ⁽²⁾. Поэтому мы считали целесообразным развить термодинамический метод, который позволил бы непосредственно определять концентрацию углерода в твердом растворе и путем комбинирования с другими данными вычислить растворимость углерода в феррите как в равновесии с цементитом при низких температурах, так и в равновесии с γ -железом при более высоких температурах.

Использованный в настоящей работе метод отличается тем, что содержание углерода в железе определяется в ходе опыта без помощи химического анализа.

В прибор помещалось хорошо очищенное железо в виде чешуек, содержащее лишь 0,0014% C; оно нагревалось до определенной температуры и над ним осуществлялась циркуляция чистой окиси углерода в течение времени, достаточного для достижения равновесия реакции при ее протекании справа налево



Затем образовавшийся углекислый газ вымораживался в жидком азоте, а после эвакуации прибора размораживался. Зная объем прибора и измеряя давление в нем CO_2 , можно определить количество углерода, растворившегося в железе, так как оно эквивалентно количеству образовавшегося углекислого газа. Во время опытов давление окиси углерода практически не изменяется по сравнению с первоначальным. Таким образом, измерения давления CO_2 после достижения равновесия достаточно для вычисления константы равновесия

$$K_\alpha = \frac{p_{\text{CO}}^2}{p_{\text{CO}_2} [\% \text{C}]_\alpha}, \quad (2)$$

где p_{CO} и p_{CO_2} — парциальные давления при равновесии и $[\% \text{C}]_\alpha$ — содержание углерода в железе в весовых процентах.

Более удобно выражать константу равновесия уравнением

$$K_\alpha = \frac{r}{[\% \text{C}]_\alpha}, \quad (3)$$

где $r = p_{\text{CO}}^2 / p_{\text{CO}_2}$.

На рис. 1 дана схема прибора.

В опытах было найдено, что между величинами r и $[\% C]_{\alpha}$ наблюдается линейная зависимость, т. е. что K_{α} не зависит от концентрации углерода. Величины K_{α} измерялись в интервале температур $700-890^{\circ}$. Результаты определений представлены на рис. 2 в координатах $\lg K_{\alpha} - \frac{1}{T}$.

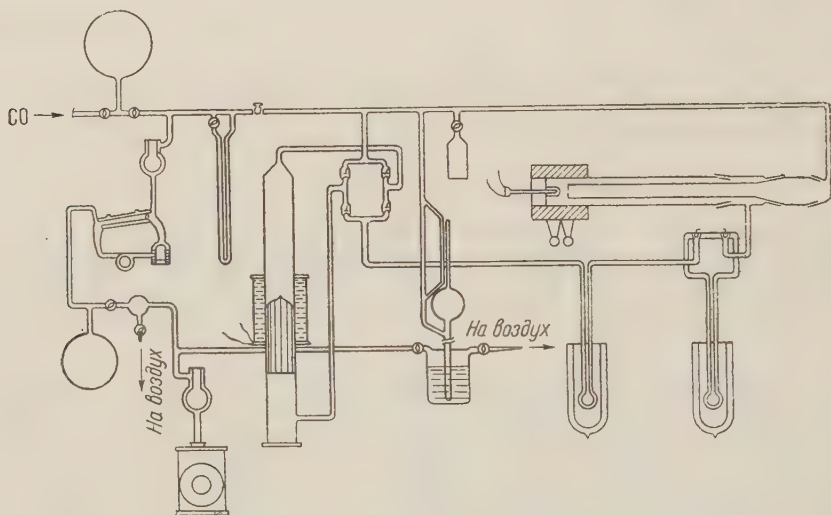


Рис. 1

Из рассмотрения рисунка видно, что экспериментальные точки хорошо ложатся на прямую линию, уравнение которой, полученное методом наименьших квадратов, имеет вид

$$\lg K_{\alpha} = -\frac{3240}{T} + 5,13. \quad (4)$$

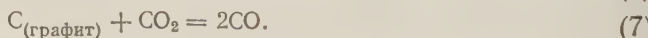
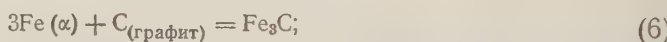
Из этого следует, что реакция (1) сопровождается отрицательным тепловым эффектом, величина которого составляет 14820 кал/моль.

Полученные результаты, выражаемые уравнением (4), могут быть использованы для определения границ α -фазы в системе железо — углерод.

Сначала рассмотрим способ определения растворимости углерода при температурах ниже эвтектидной, где насыщенный твердый раствор находится в равновесии (метастабильном) с карбидом железа. Очевидно, что условием этого равновесия при данной температуре является равенство величин r над раствором и над Fe_3C . Так как величина K_{α} не зависит от концентрации углерода, то ее значение при постоянной температуре будет одним и тем же в ненасыщенном и насыщенном растворах. Учитывая сказанное, растворимость углерода $[\% C]_{\alpha}^H$ может быть вычислена из (3)

$$[\% C]_{\alpha}^H = \frac{r}{K_{\alpha}}, \quad (5)$$

где r определяется составом равновесной смеси $CO - CO_2$ над Fe_3C . Последняя величина может быть найдена путем комбинирования данных с равновесиях реакций



Для свободной энергии реакции (6) Ричардсон⁽³⁾ на основании исследований равновесия карбида железа со смесями $CH_4 - H_2$ ^(4,5) приводит уравнение

$$\Delta F_{403-1115^{\circ}K}^0 = 6380 - 5,92 T. \quad (8)$$

Для реакции (7), по данным того же автора:

$$\Delta F_{298-2273^\circ\text{K}}^0 = 41830 - 44,13 T + 10,3 \cdot 10^{-4} T. \quad (9)$$

При комбинировании этих данных получим для реакции

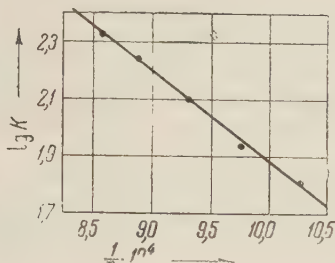
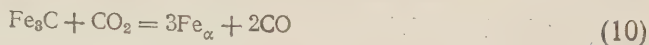


Рис. 2

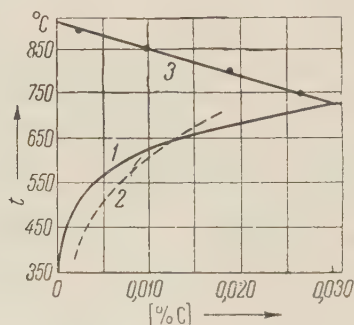


Рис. 3

температурную зависимость величины r

$$\lg r = -\frac{7749}{T} - 2,25 \cdot 10^{-4} T + 8,35. \quad (11)$$

Используя это выражение для r , при помощи уравнений (4) и (5), найдем выражение для растворимости углерода в α -железе

$$\lg [\% \text{C}]_\alpha^H = -\frac{4509}{T} - 2,25 \cdot 10^{-4} T + 3,22. \quad (12)$$

Результаты расчетов по уравнению представлены в табл. 1 и кривой 1 на рис. 3.

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	350	400	450	500	550	600	650	700	723
$[\% \text{C}]_\alpha^H \cdot 7 \cdot 10^{-5}$	0,0002	0,0007	0,0021	0,0036	0,0074	0,0134	0,0233	0,0294	

Таким образом, вычисленная из наших данных растворимость углерода в α -железе при эвтектоидной температуре весьма близка к 0,030 вес. %, что находится в хорошем согласии с величинами, считающимися наиболее достоверными (2). На рис. 3, 2 нанесены данные о растворимости углерода, полученные методом измерения внутреннего трения. Как видно из рисунка, они приводят к величине растворимости углерода при эвтектоидной температуре, которая заметно меньше общепринятой.

Комбинирование уравнений (1), (6) и (7) приводит к реакции растворения цементита в α -железе. Если пренебречь небольшой зависимостью теплового эффекта реакции (7) от температуры, приняв предложенное в (3) уравнение для ее свободной энергии

$$\Delta F^0 = 40500 - 41,25T, \quad (13)$$

то рассчитанная теплота растворения Fe_3C составит ~ 19300 кал/г-ат, что хорошо согласуется с величиной, вычисленной Даркеном и Гарри (6) из достаточно достоверных данных с равновесия газовых смесей с γ -железом и распределении углерода между ферритом и аустенитом (2)*. Вместе с тем соответствующее значение, приводимое Вертом (1), составляет лишь 9700 кал. В связи с этим можно полагать, что полученные в настоящей работе результаты о растворимости углерода являются более достоверными,

* Согласно было бы полным, если бы для расчета была использована величина теплоты образования Fe_3C , равная 5100 кал, принимаемая Даркеном и Гарри.

чем найденные при помощи метода внутреннего трения. Это подтверждается также нашими опытами, в которых непосредственно определялась растворимость углерода при 700° , оказавшаяся весьма близкой к вычисленной.

Полученные в настоящем исследовании экспериментальные данные могут быть использованы и для расчета концентраций углерода в α -железе в равновесии с аустенитом при температурах выше эвтектоидной. Для этой цели используется уже упоминавшееся выше условие равенства величин r над двумя сосуществующими при одной и той же температуре фазами. Кроме того, для этого необходимы данные о предельной концентрации углерода в γ -железе [%C] в равновесии с ферритом (линия GS), которые являются более достоверными, так как относятся к относительно высоким температурам и содержаниям углерода. В приводимых ниже расчетах используются данные Мэйля и Уэллса (7).

Для аустенита, в отличие от α -железа, равновесное отношение для реакции (1) $r/[\% \text{C}]_{\gamma}$ зависит от концентрации углерода, и поэтому выражение для константы равновесия имеет вид

$$K_{\gamma} = \frac{r}{[\% \text{C}]_{\gamma} f_c} \quad (14)$$

где коэффициент активности в согласии с опытными данными (2) вычисляется при помощи простого уравнения

$$f_c = \frac{1}{1 - 5N_c} \quad (15)$$

(N_c — атомная доля углерода в твердом растворе (8)).

Следовательно, условие равновесия между сопряженными α - и γ -твердыми растворами, получаемое из уравнений (3) и (14), имеет вид

$$K_{\alpha} [\% \text{C}]_{\alpha} = K_{\gamma} [\% \text{C}]_{\gamma} f_c, \quad (16)$$

из которого определяются величины [%C] $_{\alpha}$ при разных температурах

$$[\% \text{C}]_{\alpha} = \frac{K_{\gamma}}{K_{\alpha}} [\% \text{C}]_{\gamma} f_c. \quad (17)$$

Значения K_{α} вычислялись при помощи уравнения (4), а K_{γ} — по работе Смита (2). Результаты вычислений представлены на рис. 3,3. Линия 3 близка к прямой, ее экстраполяция на нулевую концентрацию углерода приводит к температуре (α — γ)-превращения, весьма близкой к 910° , т. е. к табличному значению. Продолжение прямой до температуры эвтектоидного превращения приводит к растворимости углерода, равной 0,0312%, также в удовлетворительном согласии с известными данными.

Следует подчеркнуть, что сопоставление полученных в настоящей работе данных о равновесии реакции (1) с независимыми друг от друга результатами изучения термодинамики карбида железа, с одной стороны, и определения положения линии (GS), разграничивающей аустенит от феррита, с другой, приводит к практически одной и той же величине концентрации углерода в тройной точке при 723° . Это является дополнительным подтверждением достоверности приведенных данных, найденных описанным выше термодинамическим методом.

Институт металловедения и физики металлов
Центрального научно-исследовательского
института черной металлургии

Поступило
21 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ C. Wert, Trans. AIME, **188**, 1242 (1950). ² R. P. Smith, J. Am. Chem. Soc., **68**, 1163 (1946). ³ F. D. Richardson, J. Iron and Steel Inst., **175**, 33 (1953). ⁴ L. C. Browning, T. W. de Witt, J. Am. Chem. Soc., **72**, 4211 (1950). T. Wata-se, J. Chem. Soc. Japan, **54**, 110 (1933). ⁶ L. S. Darken, R. W. Gurry, Physical Chemistry of Metals, N. Y., 1953, p. 418. ⁷ R. F. Mehl, C. Wells, Trans. AIME, **125**, 429 (1937). ⁸ М. И. Темкин, Л. А. Шварцман, ЖФХ, **23**, в. 6 (1949).

Х. И. АРЕШИДЗЕ и А. В. КИКВИДЗЕ

УГЛЕВОДОРОДЫ РЯДА ДЕКАЛИНА В МИРЗААНСКОЙ НЕФТИ

(Представлено академиком Б. А. Қазанским 24 IV 1958)

Глубокое изучение химического состава нефтяных погонов с т. кип. выше 150° является одной из очередных и наиболее важных задач химии нефти.

Нами было показано, что фракция $150\text{--}200^{\circ}$ мирзаанской нефти содержит 23,6% гидроароматических углеводородов. Интересно было установить индивидуальную природу этих углеводородов, чему и посвящено данное исследование. Интерес к установлению строения гидроароматических углеводородов ряда декалина в мирзаанской нефти усугублялся тем, что в этой же нефти из конденсированных ароматических углеводородов нами обнаружены нафталин, α - и β -метилнафталин и 1,6-диметилнафталин.

Представляло определенный интерес показать, является ли присутствие найденных ранними исследованиями (^{1,2}) конденсированных ароматических углеводородов и их гидрированных аналогов характерным только для сураханской масляной нефти или то же самое может характеризовать и другие нефти.

Проведенное исследование показало, что в мирзаанской нефти присутствуют конденсированные ароматические углеводороды и их гидрированные аналоги.

Накопление большого опытного материала даст основание утверждать о возможной генетической связи между конденсированными ароматическими углеводородами и их гидрированными аналогами.

В результате проведенного исследования нами показано, что в мирзаанской нефти присутствует декалин, α -метилдекалин, 1,6- и 1,7-деметилдекалины.

Изучение нафтеновых углеводородов в керосине различных нефтей Советского Союза, в первую очередь на содержание в них декалина и его гомологов, проводится в лаборатории им. С. С. Наметкина Института нефти АН СССР.

Л. М. Розенберг (²) дегидрогенизационным катализом и пикратным методом исследовала углеводороды ряда декалина в керосине сураханской (масляной) нефти и установила, что в ней присутствуют декалин, смесь α - и β -метилдекалинов и 1,6-диметилдекалин. Л. М. Розенберг и С. С. Нифонтова (³) теми же методами в керосине доissorской нефти установили присутствие тех же углеводородов, что и в керосине сураханской (масляной) нефти, за исключением декалина.

Объектом исследования в данной работе являлась фракция $150\text{--}200^{\circ}$ среднего образца мирзаанской нефти, которая была выделена из нефти с помощью дробной перегонки.

С целью удаления неуглеводородных компонентов, входящих во фракцию $150\text{--}200^{\circ}$ мирзаанской нефти, она была обработана 75% серной кислотой, после чего промывалась, сушилась и перегонялась из колбы Фабюрского в присутствии металлического натрия.

Для исследуемой фракции 150—200° были определены максимальная анилиновая точка, показатель лучепреломления и удельный вес, значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства фракции 150—200° мирзаанской нефти до и после катализа

	Максимальная анилиновая точка		n_D^{20}		d_4^{20}	
	до катализа	после катализа	до катализа	после катализа	до катализа	после катализа
До удаления ароматических углеводородов	58,4	46,4	1,4363	1,4432	0,7810	0,7900
После удаления ароматических углеводородов	68,4	71,3	1,4210	1,4018	0,7593	0,7514

Выделение ароматических углеводородов, входящих в состав исследуемой фракции, осуществлялось хроматографической адсорбцией на силикагеле марки КСМ. Рабочая фракция имела 100—200 меш, а активность по отношению к бензолу 13,5.

Полнота деароматизации проверялась по А. М. Настюкову (⁴). Для деароматизированной фракции после соответствующей промывки, сушки и перегонки были определены те же физические показатели, что и до удаления ароматических углеводородов, значения которых приведены в табл. 1.

Для установления природы наftenовых углеводородов деароматизированный бензин подвергался дегидрогенизации на платинированном угле (Pt 10%), содержащем железо, с целью подавления реакции гидрогенолиза циклопентановых углеводородов, как это было показано Б. А. Казанским и Г. С. Ландсбергом (⁵). Дегидрирующая способность катализатора проверялась по Г. С. Павлову. Катализатор переводил 95% циклогексана в бензол.

Ароматические углеводороды, образовавшиеся в результате дегидрирования гидроароматических углеводородов, удалялись таким же способом, как ароматические углеводороды бензина прямой гонки. Для катализатора до и после удаления ароматических углеводородов, были определены те же константы (табл. 1).

По депрессии анилиновых точек с применением соответствующих коэффициентов был вычислен групповой состав исследуемой фракции (высота в процентах): ароматические 15,1; гидроароматические 23,6; остальные цикланы 27,3; парафиновые 34,0. Процент гидроароматических к общему количеству цикланов 46,3.

Ароматические углеводороды, образовавшиеся в результате катализа, выделялись хроматографической адсорбцией, промывались, сушились и перегонялись из колбы Фаворского в присутствии металлического натрия; свойства и количество собранных фракций ароматических углеводородов приведены в табл. 2.

Фракции ароматических углеводородов с целью выделения конденсированных ароматических углеводородов были обработаны пикриновой кислотой в отдельности.

Из фракции 135—155° и 155—175° выпадала чистая пикриновая кислота. Оба осадка после кристаллизации имели т. пл. 122—123° и с пикриновой кислотой депрессии не давали, откуда следует, что они не содержали ни нафталина, ни его гомологов.

Из фракции 175—195° получен пикрат, который после нескольких перекристаллизаций из этилового спирта дал два пикрата: один — иголкообраз-

Таблица 2

Свойства и количество фракции ароматических углеводородов, выделенных из катализата фракции 150—200° мирзаанской нефти

№ фракции	Т. кип., °С (736 мм рт. ст.)	n_D^{20}	d_4^{20}	Количество фракции, г
1	135—155	1,4792	0,8321	15
2	155—175	1,4860	0,8421	17
3	175—195	1,4930	0,8643	20
4	195—220	1,5140	0,9319	20

ные кристаллы оранжево-желтого цвета с т. пл. 141°, что соответствует т. пл. пикрата α -метилнафталина. По литературным данным ⁽⁶⁾ т. пл. пикрата α -метилнафталина 141°. Второй — желтого цвета кристаллы, плавится при 149° и соответствует т. пл. пикрата нафталина. В литературе для пикрата нафталина дается т. пл. 149,5° ⁽⁷⁾.

Из фракции 195—220° получен пикрат, из которого после нескольких перекристаллизаций из этилового спирта получены два пикрата: один — ярко-оранжевого цвета, с т. пл. 111—112°, по литературным данным соответствующий пикрату 1,6-диметилнафталина ⁽⁸⁾; второй, который плавится при 120—121°, соответствующий пикрату 1,7-диметилнафталина ⁽⁸⁾.

На основании выделенных пикратов нами установлено в мирзаанской нефти присутствие декалина, α -метилдекалина, 1,6- и 1,7-диметилдекалинов.

Институт химии им. П. Г. Меликишвили
Академии наук ГрузССР

Поступило
24 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

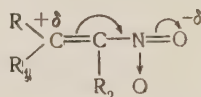
¹ С. С. Наметкин, Е. С. Покровская, Т. Г. Степанцева, ДАН, 67, 847 (1949). ² Л. М. Розенберг, ДАН, 80, 769 (1951). ³ Л. М. Розенберг, С. С. Нифонтова, Тр. Всесоюз. совещ. по химии и переработке нефти, Баку, 1953, стр. 136. ⁴ А. М. Нестюков, ЖРХО, 36, 881 (1904). ⁵ Г. С. Ландсберг, Б. А. Казанский, Изв. АН СССР, ОХН, 1951, 100. ⁶ S. H. Morrell, J. B. Pickering, J. C. Smith, J. Inst. Petr., 34, 677 (1948). ⁷ F. K. Beilstein, Handb. d. org. Chem., Erg., 11, 5, 144 (1943). ⁸ A. S. Beilley, K. C. Bruyant et al., J. Inst. Petr. Techn., 34, 677 (1948).

Я. С. БОБОВИЧ и В. В. ПЕРЕКАЛИН

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

(Представлено академиком А. Н. Терениным 14 IV 1958)

Многочисленными исследованиями было показано, что для успешного взаимодействия непредельных нитросоединений с нуклеофильными реагентами, в частности соединениями с подвижными атомами водорода в метильных и метиленовых группах, решающее значение имеет наличие электронного пробела ($+\delta$) у α -углеродного атома этиленового остатка нитроолефина. Величина электронного пробела, обусловленного сопряжением нитрогруппы с двойной связью, существенным образом зависит от химического строения непредельных нитросоединений (природы радикалов, связанных с этиленовым остатком).



где $R = H$, алкил, арил, гетероцикл; $R_1, R_2 = H$, алкил, арил.

Для решения ряда синтетических задач возникла необходимость в достаточно объективных сведениях о характере сопряжения в нитроолефинах. С этой целью были исследованы интенсивности полос комбинационного рассеяния серии (XII) непредельных нитросоединений, нитрометана и нескольких ароматических нитропроизводных. Спектры большинства этих соединений получены впервые.


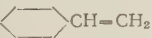
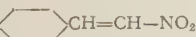
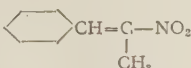

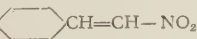
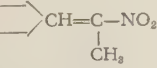

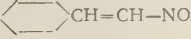
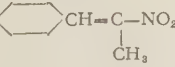
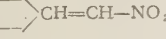
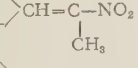
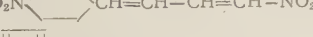
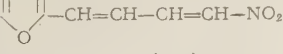


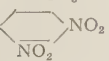
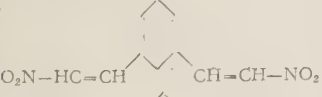

Как известно ⁽¹⁾, интенсивности линий комбинационного рассеяния, резко изменяясь в зависимости от сопряжения, могут быть использованы для его оценки. Кроме того, линии комбинационного рассеяния, будучи характеристичными, в отличие от ультрафиолетовых полос поглощения, позволяют судить о локальных изменениях электронного облака, а не о поведении молекулы в целом.

Исследования проводились с помощью фотоэлектрической установки. Растворителем во всех случаях служил ацетон. Концентрации веществ варьировались в пределах от 10^{-1} до 10^{-3} мол/л, что практически исключало возможность взаимодействия молекул исследованных веществ. Точность воспроизведения результатов лежала для интенсивностей в пределах $\pm 3-4\%$ и для частот ± 5 см⁻¹. Измерялись интенсивности и частоты линий полного симметричного и антисимметричного колебаний нитрогруппы, антисимметричного колебания бензольного кольца и колебаний двойной связи. При этом мерой интенсивности линий служило ее отношение к интенсивности линии 1707 см⁻¹ ацетона. Для девяти соединений произведены также количественные поляризационные измерения. Все данные по частотам, интенсивностям, приведенным к одинаковой концентрации веществ и к одному и тому же числу нитрогрупп и двойных связей, и по состоянию поляризации линий собраны в табл. 1.

Проведенное исследование показало, что интенсивности линий изменяются в весьма широких пределах (табл. 2). Для одних и тех же молекул особенно сильным изменениям подвержены интенсивности антисимметричного колебания бензольного кольца.

Таблица 1

Частоты (в см⁻¹), интенсивности (в произвольной единой шкале) и степени деполаризации некоторых линий комбинационного рассеяния в спектрах стирола и нитросоединений

Формула	Полносимметричное колебание NO ₂ -группы	Антисимметричное колебание NO ₂ -группы	Антисимметричное колебание кольца	Колебание двойной связи C=C
(I) CH ₃ NO ₂	1380+1400 (0,02; ρ = 0,32)	1555 (0,005 ρ = 0,74)	—	—
(II) CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH=CH-NO ₂	1340 (0,36)	1510 (0,054)	—	1650 (0,187)
(III) CH ₃ CHCH=CH-NO ₂ CH ₃	1340 (0,38)	1510 (0,042)	—	1650 (0,183)
(IV) 	1345 (0,75; ρ = 0,22)	1510 (0,04; ρ = 0,72)	1600 (0,16; ρ = 0,55)	—
(V) 	—	—	1610 (0,3, ρ=0,55)	1640 (0,42; ρ = 0,28)
(VI) 	1320 (9; ρ = 0,32)	?	1600 (2,4 ρ = 0,43)	1630 (4,3, ρ = 0,35)
(VII) 	1325 (4,3)	?	1600 (1,3)	1660 (2,3)
(VIII) H ₃ C- 	1340 (1,5; ρ = 0,32)	?	1600 (0,41)	—
(IX) H ₃ C- 	1335 (10,6)	1510 (0,9)	1620 (4,1)	1640 (4,2)
(X) H ₃ C- 	1320 (7,3)	?	1615 (2,6)	1660 (3,7)
(XI) C ₂ H ₅ O- 	1340 (5; ρ = 0,42)	1500 (0,2, ρ = 0,50)	1600 (1; ρ = 0,50)	—
(XII) H ₃ CO- 	1325 (40; ρ = 0,39)	1500 (3,7)	1600 (19; ρ = 0,38)	1625 (10; ρ = 0,30)
(XIII) H ₃ CO- 	1305 (26)	?	1590 (10)	1640 (10)
(XIV) O ₂ N- 	1335 (3,4)	1510 (0,45)	1590 (4,1)	1630 (4,8)
(XV) O ₂ N- 	1345 (2,8)	?	1600 (3)	1665 (3)
(XVI) O ₂ N- 	1340 (30)	?	1590 (39)	1630 (27)
(XVII)  -CH=CH-CH=CH-NO ₂	1335 (255)	?	—	1620 (95)
(XVIII) O ₂ N-HC=CH-  -CH=CH-NO ₂	1335 (16; ρ = 0,36)	1510 (2,8)	1610 (50; ρ = 0,41)	1625 (18; ρ = 0,39)
(XIX) O ₂ N-C(CH ₃)=CH-  -CH=C(CH ₃)-NO ₂	1325 (14; ρ = 0,43)	1515 (0,7)	1610 (25; ρ = 0,49)	1660 (11; ρ = 0,43)
(XX) 	1340 (0,4)	1520 (0,13)	1595 (0,14)	—
(XXI) 	1340 (8)	1510 (1,0)	1595 (3,56)	1630 (5,4)
(XXII) O ₂ N-C(CH ₃)=CH-  -CH=C(CH ₃)-NO ₂	1325 (3,5)	1510 (0,20)	1610 (1,3)	1665 (2,8)

Характер колебания	Сравниваемые вещества	Изменение интенсивности (число раз)
Полносимметричное колебание нитрогруппы	(I) и (XII)	2000
Антисимметричное колебание бензольного кольца	(IV) и (XVIII)	~312
Колебание двойной связи	(II) и (XVIII)	~98

отражают их участие в π -электронном взаимодействии, создавая ясное представление о зависимости сопряжения в нитроолефинах от их строения, и позволяют сделать следующие выводы.

1. Непредельные олефины представляют собой единую сопряженную систему: в алифатических нитроолефинах нитрогруппа сопряжена с двойной связью, а в ароматических в сопряжении участвуют нитрогруппы, двойная связь и бензольное ядро, что проявляется в еще более резком увеличении интенсивности линий спектров по сравнению с соединениями, не содержащими одновременно этих трех остатков. Нуклеофильные заместители, находящиеся в пара-положении бензольного кольца (метильная и метоксильная группы), благоприятствуют сопряжению точно так же, как и в случае ароматических нитросоединений, согласно данным П. П. Шорыгина⁽¹⁾.

2. В пара-динитроолефинах (XVIII) и (XIX) сопряжение резко возрастает в сравнении с соответствующими мета-изомерами (XXI) и (XXII) и моонитроолефинами (VI) и (VII), хотя в (XVIII) и (XIX) следовало бы ожидать ослабления линий вследствие наличия в молекулах противоположно направленных сопряженных систем.

3. Метильные группы при этиленовом углероде, связанном с нитрогруппой, ослабляют сопряжение, по-видимому, вследствие нарушения копланарности молекулы (сравнить интенсивности полос нитрогруппы, бензольного кольца и двойной связи в соединениях (VI), (IX), (XII), (XIV) и соответственно в (VII), (X), (XIII) и (XV).

4. Степень деполяризации полносимметричного колебания нитрогруппы в соответствии с прежними наблюдениями одного из нас⁽²⁾ для большинства соединений заключена в пределах 0,22—0,43. Сопоставление между собой соединений XII и XI, для которых $I_1 = 40$, $\rho_1 = 0,39$ и $I_2 = 5$, $\rho_2 = 0,42$, соответственно, свидетельствует о том, что введение в цепь двойной углерод-углеродной связи приводит не к простому удлинению одной из осей эллипсоида $\frac{\partial \alpha}{\partial q}$ нитрогрупп, а к одновременному удлинению всех его осей, т. е. к существенному изменению формы эллипсоида. В молекулах, отличающихся благоприятными условиями для сопряжения линии колебания бензольного кольца становится отчетливо поляризованной (в случае соединения (XII) степень деполяризации этой линии равна 0,38). Последний факт, казалось бы, свидетельствует об изменении формы «антисимметричного» колебания кольца в результате сопряжения связей.

Авторы выражают глубокую благодарность акад. А. Н. Теренину и проф. Б. С. Непоренту за внимание к работе и за предоставление возможности проведения спектроскопической части исследования.

Поступило
2 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. П. Шорыгин, Докторская диссертация, Физ.-хим. инст. им. Л. Я. Карпова, М., 1949. ² Я. С. Бобович, М. В. Волькенштейн, ДАН, 71, 1045 (1950)

А. А. ГУНДЫРЕВ, Н. С. НАМЕТКИН и академик А. В. ТОПЧИЕВ

ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ ГЕКСАЛКИЛПРОИЗВОДНЫХ ДИСИЛОКСАНА

В настоящем сообщении приводятся значения дипольных моментов для четырех гексалкилпроизводных дисилоксана: гексаметилдисилоксана, гексаэтилдисилоксана, гексапропилдисилоксана и гексабутилдисилоксана, — полученных гидролизом соответствующих триалкилгалогидов (этоксидов) силанов (1).

Дипольный момент гексаметилдисилоксана измерялся рядом авторов (2,3), тогда как дипольные моменты остальных гексалкилпроизводных дисилоксана измерены нами впервые. Дипольные моменты вычислялись нами из величин диэлектрических проницаемостей разбавленных растворов этих веществ в неполярном растворителе — *n*-гексане.

Диэлектрические проницаемости измерялись в установке, работающей по методу биений. Стабилизация прибора пьезокварцевая с частотой $7,95 \times 10^5$ гц. Измерительный конденсатор состоял из трех concentрических платиновых цилиндров. Наружный и внутренний цилиндры соединялись между собой в нескольких местах платиновой проволокой, и этот электрод заземлялся, благодаря чему экранировался средний электрод.

Межэлектродная емкость этого конденсатора оказалась равной при измерениях по бензолу 12,363 pF. Пользуясь этим назначением и результатами экспериментальных данных по промеру емкости конденсатора, заполненного веществом, мы вычислили диэлектрические проницаемости толуола, *n*-гексана и гексаметилдисилоксана при 25°. Полученные значения и литературные данные приведены в табл. 1.

Сравнение этих данных указывает на весьма высокую точность прибора.

Измерение диэлектрической проницаемости ϵ , плотности d и показателя преломления n_D проводилось при $25 \pm 0,05^\circ$. Диэлектрическая проницаемость определялась с точностью 0,02%.

Плотность растворов определялась пикнометром с точностью 0,02% и показатель преломления на рефрактометре ИРФ-23 с точностью 0,01%.

Дипольные моменты гексалкилпроизводных дисилоксана рассчитывались по методу Гедерстранда (7) по формуле:

$$\mu = 0,012813 \cdot 10^{-18} \sqrt{P_{op} T} \quad (1)$$

где μ — дипольный момент, P_{op} — ориентационная поляризация, T — абсолютная температура.

Таблица 1
Диэлектрические проницаемости толуола, *n*-гексана и гексаметилдисилоксана при 25°

Вещество	Наши данные (ϵ_1)	Лит. данные (ϵ_2)	$\frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_2} \cdot 100$
Толуол	2,3744	2,3738 (4)	+0,03
<i>n</i> -Гексан	1,8854	1,8867 (5)	—0,07
Гексаметилдисилоксан	2,1719	2,17* (6)	—

* Для $t = 20^\circ$.

Ориентационная поляризация связана с общей поляризацией растворенного вещества P_∞ и деформационной поляризацией $P_{D\infty}$, принятой, равной молярной рефракции, соотношением

$$P_{op} = P_\infty - P_{D\infty}. \quad (2)$$

Индекс ∞ указывает на то, что значения P_∞ и $P_{D\infty}$ экстраполированы на бесконечное разведение по методу Гедестранда.

Общая поляризация при бесконечном разведении вычислялась по следующим формулам, в которых индекс 1 относится к чистому растворителю, а индекс 2 — к растворенному веществу; диэлектрическая проницаемость ϵ , плотность d и показатель преломления n_D без индексов — величины, характеризующие раствор; C_2 — молярная доля растворенного вещества, а M_1 и M_2 — молекулярные веса растворителя и растворенного вещества.

Общая поляризация растворенного вещества:

$$P_\infty = A \left(M_2 - \beta d_1 \frac{M_1}{d_1} \right) + B \alpha \epsilon_1, \quad (3)$$

где

$$A = \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_2 + 2} \frac{1}{d_1}, \quad B = \frac{3M_1}{d_1(\epsilon_1 + 2)^2}, \quad \beta d_1 = \frac{d - d_1}{c_2} \quad \text{и} \quad \alpha \epsilon_1 = \frac{\epsilon - \epsilon_1}{c_2}.$$

Деформационная поляризация растворенного вещества:

Таблица 2

Константы n -гексана

Константы для вычисления P_∞					
M_1	d_1^{25}	ϵ_{25}	$\frac{M_1}{d_1}$	A	B
86,18	0,6549	1,8854	131,593	0,3480	26,151

Константы для вычисления $P_{D\infty}$

$n_1(25^\circ)$	n_1^2	A'	B'
1,3724	1,8835	0,3474	26,176

$$P_{D\infty} = A' \left(M_2 - \beta d_1 \frac{M_1}{d_1} \right) + B' \gamma n_1^2, \quad (4)$$

где

$$A' = \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \frac{1}{d_1}; \quad B' = \frac{3M_1}{d_1(n_1^2 + 2)^2}$$

$$\text{и} \quad \gamma n_1^2 = \frac{n^2 - n_1^2}{c_2}.$$

В табл. 2 приведены константы чистого растворителя для вычисления P_∞ и $P_{D\infty}$.

В табл. 3 приведены результаты измерений диэлектрической проницаемости (ϵ), плотности (d) и

показателя преломления (n_D) растворов гексалкилпроизводных дисилоксана в n -гексане для различных концентраций растворенного вещества, выраженных в молярных долях (C_2).

По данным табл. 2 и 3 вычислены константы, необходимые для расчета дипольных моментов по методу Гедестранда. Эти константы приведены в табл. 4.

Для ряда соединений $\alpha\epsilon$, βd_1 и γn_1^2 зависят от концентрации нелинейно, поэтому была необходима экстраполяция на нулевую концентрацию. Для этого строились кривые $\epsilon = f_1(c_2)$, $d = f_2(c_2)$ и $n_2 = f_3(c_2)$ и в точке $c_2 = 0$ проводились касательные. Тангенс угла наклона касательной к оси концентрации и давал искомую величину.

Как указывалось выше, в литературе имеются данные только по дипольному моменту гексаметилдисилоксана. Дипольный момент этого соединения, измеренный в бензоле, оказался равным 0,80 D (²). По другим данным (³), дипольный момент гексаметилдисилоксана, измеренный в бензоле при 30°, равен 0,79 D. Эти значения хорошо согласуются с полученным нами значением, равным 0,78 D.

Таблица 3

Экспериментально найденные значения ϵ , d и n_D растворов гексалкилпроизводных дилоксана в *n*-гексане

C_2	ϵ_{25}	d_4^{25}	n_D^{25}	C_2	ϵ_{25}	d_4^{25}	n_D^{25}
Гексаметилдислоксан в <i>n</i> -гексане				Гексапропилдислоксан в <i>n</i> -гексане			
0	1,8854	0,6549	1,3724	0	1,8854	0,6549	1,3724
0,0206	1,8956	0,6585	1,3726	0,0197	1,9032	0,6659	1,3767
0,0353	1,9029	0,6607	1,3727	0,0346	1,9182	0,6725	1,3799
0,0499	1,9076	0,6633	1,3728	0,0496	0,9334	0,6788	1,3824
Гексаэтилдислоксан в <i>n</i> -гексане				Гексабутилдислоксан в <i>n</i> -гексане			
0	1,8854	0,6549	1,3724	0	1,8854	0,6549	1,3724
0,0201	1,9010	0,6635	1,3755	0,0196	1,9108	0,6684	1,3781
0,0351	1,9107	0,6699	1,3776	0,0348	1,9294	0,6770	1,3822
0,0499	1,9210	0,6755	1,3795	0,0486	1,9381	0,6858	1,3856

Таблица 4

Константы для вычисления дипольных моментов гексалкилпроизводных дилоксана по методу Гедестранда

Вещество	M_2	$\alpha\epsilon_1$	βd_1	P_∞	γn_1^3	$P_{D\infty}$	P_{op}	$\mu \cdot 10^{18}$
$(CH_3)_3SiOSi(CH_3)_3$	162,39	0,4958	0,168	61,8	0,022	49,3	12,5	0,78
$(C_2H_5)_3SiOSi(C_2H_5)_3$	246,55	0,772	0,427	86,4	0,434	77,5	8,9	0,66
$(C_3H_7)_3SiOSi(C_3H_7)_3$	330,71	0,948	0,640	110,6	0,599	101,3	9,3	0,67
$(C_4H_9)_3SiOSi(C_4H_9)_3$	414,88	1,215	0,6775	145,1	0,830	134,9	10,2	0,71

Величины дипольных моментов гексалкилпроизводных дилоксана, приведенные в табл. 4, показывают, что связь Si—O сильно полярна. Это обусловлено значительной разницей в электроотрицательностях Si и O.

Наблюдаемое уменьшение величины дипольного момента молекул, содержащих этильные, пропильные и бутильные радикалы по сравнению с молекулами, содержащими метильные радикалы, может быть объяснено, видимо, увеличением валентного угла, вызванным расталкиванием громоздких групп.

Поступило
13 V 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Топчиев, Н. С. Наметкин, В. И. Зеткин, ДАН, 99, 551 (1954).
² Y. Kurita, M. Kondo, Bull. Chem. Soc. Japan, 27, 160 (1954). ³ H. Freiser, M. Fagel, J. Speier, J. Am. Chem. Soc., 75, 2824 (1953). ⁴ R. Guillien, Radium, 29, 1 (1940). ⁵ F. C. De Vos, Rec. Trav. Chim., 69, 1157 (1950). ⁶ R. O. Sauer, D. J. Mead, J. Am. Chem. Soc., 68, 1794 (1946). ⁷ G. Hedestrand, Zs. phys. Chem. (B), 2, 429 (1929).

Академик **И. Н. НАЗАРОВ** и Ж. А. КРАСНАЯ

КОНДЕНСАЦИЯ АЦЕТАЛЯ β -ЦИКЛОЦИТРАЛЯ С 1-ЭТОКСИИЗОПРЕНОМ

Разработанный нами ранее метод синтеза непредельных альдегидов изопреноидного типа, основанный на конденсации ацеталей с 1-алкоксидигидро- β -ионолиденальдами (I), позволяет удлинять изопреноидную углеродную цепочку сразу на пять или десять углеродных атомов.

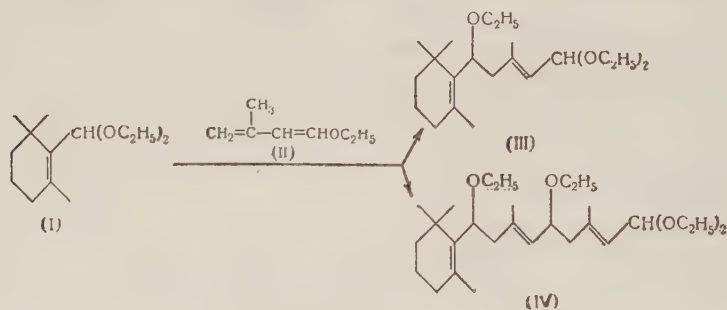
С помощью этого метода были получены такие полиенали, как октатриеналь, дегидроцитраль, фарнезиналь и др., а также синтезирован ряд α,β -непредельных эфиральдегидов: 4-этоксичитраль, 4,8-диэтоксифарнезиналь и др.

Эта интересная реакция открывает простой путь для синтеза β -ионолиденуксусного альдегида и альдегида витамина А, и с этой целью нами изучена конденсация ацетала β -циклоцитраля (I) с 1-этоксиизопреном (II).

Ранее неизвестный ацеталь β -циклоцитраля (I) был получен при действии ортомуравьиного эфира на β -циклоцитраль.

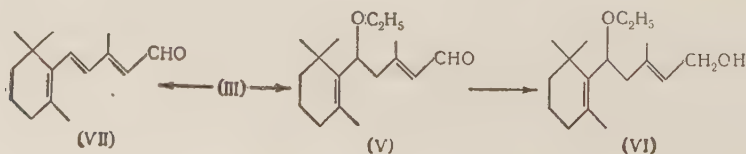
В присутствии хлористого цинка конденсация ацетала β -циклоцитраля (I) с этоксиизопреном (II) приводит к смеси эфироацеталей альдегида C_{15} (III) и альдегида C_{20} (IV) с выходами 44,6 и 25% соответственно, легко разделяемых при разгонке в вакууме.

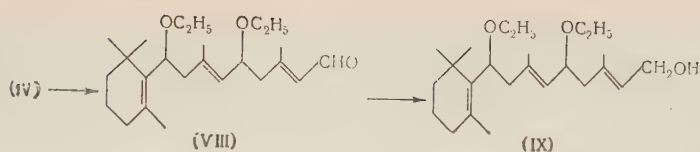
Наилучшие выходы эфироацеталей (III) и (IV) были получены при соотношении ацетала (I) и этоксиизопрена (II) 2 : 1 и температуре 40—45°С.



При омылении эфироацетала (III) разбавленной ортофосфорной кислотой гладко получается этоксидигидро- β -ионолиденуксусный альдегид (V), восстановление которого борогидридом натрия дало соответствующий этоксидигидро- β -ионолиденэтиловый спирт (VI).

Из эфироацетала (III) при действии ортофосфорной кислоты в диоксане с удовлетворительным выходом был получен β -ионолиденуксусный альдегид (VII).





Подобными же превращениями из эфирацетата (IV) с высокими выходами удалось осуществить синтез диэтоксисдигидроальдегида витамина А (VIII) и диэтоксисдигидровитамина А (IX) — важных промежуточных продуктов для синтеза витамина А, которые могут иметь самостоятельный биологический интерес.

Экспериментальная часть

Диэтилацетат β -циклоцитрала (I). Раствор 104 г β -циклоцитрала (т. кип. 93—95°/10 мм; n_D^{20} 1,4958), 130 г ортомуравьиного эфира и 14,3 мг *n*-толуолсульфокислоты в 48 мл абс. этилового спирта оставили на 3 суток при комнатной температуре и после нейтрализации этилатом натрия смесь разогнали в вакууме.

В результате 2-кратной разгонки получили:

1-я фракция (67—70°/36 мм, n_D^{17} 1,3960) 70 г — ортомуравьиный эфир;

2-я фракция (93—104°/10 мм; n_D^{19} 1,4880) 62 г — исходный β -циклоцитраль;

3-я фракция (104—112°/10 мм, n_D^{17} 1,4710) 58 г — смесь β -циклоцитрала и его ацетата.

Полученную из нескольких опытов 3-ю фракцию (103 г) подвергли перегонке на ректификационной колонке со стеклянной насадкой. После отделения β -циклоцитрала кубовый остаток перегнали из колбы Фаворского и при этом выделили 32,5 г ацетата β -циклоцитрала (I) с т. кип. 105—107°/7 мм, n_D^{20} 1,4615.

Найдено %: С 74,43; 74,47; Н 11,40; 13,41
 $C_{14}H_{26}O_2$. Вычислено %: С 74,29; Н 11,58

Из ацетата (I) получен семикарбазол с т. пл. 164—166° (из этанола), который не дал депрессии с семикарбазоном β -циклоцитрала.

Конденсация ацетата β -циклоцитрала (I) с этоксиизопреном (II). К смеси 40 г (0,177 моля) ацетата (I) и 4 мл. 10% раствора хлористого цинка в этилацетате прибавили медленно (за 3,5 часа) при температуре 42° и перемешивании 10 г (0,089 моля) этоксиизопрена (II). Затем смесь перемешивали еще 1 час 15 мин. при температуре 42—45°, после чего охладили, разбавили эфиром, промыли 5% раствором едкого натра, водой, высушили и перегнали. В результате 2-кратной фракционированной разгонки в вакууме получено:

1) 24,7 г исходного ацетата (I) с т. кип. 68—73°/0,7 мм, $n_D^{19,5}$ 1,4670;

2) 10 г (выход * 44,6%) эфирацетата альдегида C_{15} (III) в виде бесцветной жидкости с т. кип. 105—107°/0,08 мм, n_D^{20} 1,4740, d_4^{20} 0,9466, M_R найдено 100,5, вычислено 100,97.

Найдено %: С 74,13; 74,16; Н 11,17; 11,03
 $C_{21}H_{38}O_2$. Вычислено %: С 74,50; Н 11,32

3) 7,4 г (выход * 25%) эфирацетата альдегида C_{21} (IV) в виде желтоватой вязкой жидкости с т. кип. 152—156°/0,07 мм, n_D^{20} 1,4828.

Найдено %: С 74,92; 75,04; Н 11,06; 11,15
 $C_{28}H_{50}O_4$. Вычислено %: С 74,61; Н 11,18

* Выход указан на вошедший в реакцию ацетат (I).

Этоксидигидро- β -ионолиденуксусный альдегид (V) (3-метил-5-этокси-5-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил-1) пентен-2-аль). Смесь 10 г эфирацеталя (III), 25 мл 5% ортофосфорной кислоты и 5 мл этилового спирта перемешивали при 95° в токе азота 1 час. После охлаждения к реакционной смеси добавили эфир, органический слой отделили, промыли раствором бикарбоната натрия, водой, высушили сульфатом магния и перегнали в вакууме. Получено 6,2 г эфираальдегида (V) с т. кип. 98—99°/0,07 мм, $n_D^{21,5}$ 1,5045.

$\lambda_{\text{макс}}$ (в этаноле) 240 м μ ($lg \epsilon$ 4,086).

Найдено %: C 77,45; 77,18; H 10,88; 10,82
C₁₇H₂₈O₂. Вычислено %: C 77,21; H 10,67

2,4-динитрофенилгидразон эфираальдегида (V) получен в виде смеси геометрических изомеров с т. пл. 137—145° (после 2-кратной перекристаллизации из этанола).

$\lambda_{\text{макс}}$ (в гептане) 368 м μ ($lg \epsilon$ 4,14), 290 м μ ($lg \epsilon$ 3,79), 256 м μ ($lg \epsilon$ 4,107).

Найдено %: C 62,01; 62,29; H 7,29; 7,01; N 13,02; 12,58
C₂₃H₃₂N₄O₅. Вычислено %: C 62,13; H 7,26; N 12,6

Семикарбазон эфираальдегида (V) получен также в виде смеси геометрических изомеров с т. пл. 153—161° (после перекристаллизации из 90%-го метанола).

Найдено %: N 13,28; 13,30
C₁₈H₃₁O₂N₃. Вычислено %: N 13,07

β -Ионолиденуксусный альдегид (VII). Смесь 2,5 г эфирацеталя (III), 1 мл 90% ортофосфорной кислоты, 20 мл диоксана и 6 мл воды нагревали в течение 5 час. при 88—90° в токе азота в присутствии следов гидрохинона. Во время нагревания медленно происходила отгонка диоксана и воды; одновременно в колбу прибавляли смесь диоксана и воды (4 : 1) так, чтобы объем реакционной массы оставался постоянным. Реакционную смесь охладили, вылили в ледяную воду (30 мл), продукт реакции экстрагировали эфиром. Эфирный экстракт промыли раствором бикарбоната натрия, водой, высушили и перегнали. Получено 1,4 г жидкости оранжево-желтого цвета с т. кип. 91—97°/0,09 мм.

Полученный продукт в смеси с 2 мл 90% ортофосфорной кислоты, 20 мл диоксана и 6 мл воды был повторно подвергнут описанной выше операции. После перегонки получено 0,7 г вещества с т. кип. 91—94°/0,09 мм, представляющего собой β -ионолиденуксусный альдегид (VII), 2,4-динитрофенилгидразон которого имел т. пл. 195—196° (из смеси этанола с этилацетатом).

$\lambda_{\text{макс}}$ (в этаноле) 319 м μ ($lg \epsilon$ 4,191), 408 м μ ($lg \epsilon$ 4,599).

Найдено %: C 63,35; 63,18; H 6,50; 6,48; N 14,30; 14,31
C₂₁H₂₆O₄N₄. Вычислено %: C 63,31; H 6,53; N 14,07

По литературным данным 2,4-динитрофенилгидразон β -ионолиденуксусного альдегида плавится при 199—201°, $\lambda_{\text{макс}}$ (в этаноле) 260 м μ ($lg \epsilon$ 4,1987), 320 м μ ($lg \epsilon$ 4,1461), 400 м μ ($lg \epsilon$ 4,5635) (2); при 198—200°, $\lambda_{\text{макс}}$ 405 м μ ($lg \epsilon$ 4,5966) (3).

Этоксидигидро- β -ионолиденэтиловый спирт (VI) (3-метил-5-этокси-5-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил-1) пентен-2-ол). К раствору 2,2 г эфираальдегида (V) в 18 мл 96% этилового спирта при перемешивании и температуре 10—12° прибавили в течение 1 часа в токе азота 370 мг борогидрида натрия (85% содержания).

Затем смесь перемешивали еще 1 час при этой температуре и оставили на ночь при комнатной температуре. Избыток борогидрида натрия разложили уксусной кислотой (7—8 капель), спирт отогнали в слабом вакууме, к остатку добавили воду и эфир, эфирный слой отделили, а водный — два-

жды экстрагировали эфиром. Соединенный эфирный экстракт промыли водой, высушили прокаленным сульфатом магния и перегнали.

Получено 1,65 г этоксибисди- β -нонолиденэтилового спирта (VI) с т. кип. 87—88°/0,025 мм, n_D^{20} 1,4943.

Найдено %: С 76,60; 76,85; Н 11,47; 11,44
C₁₇H₃₀O₂. Вычислено %: С 76,66; Н 11,35

Найдено число активных водородов: 0,99; 1,06.

Диэтоксибисди-гидроальдегид витамина А (VIII) (3,7-диметил-5,9-диэтокси-9-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил-1)нонадиен-2,6-аль). Смесь 13,7 г эфирацетата (IV), 29 мл 5% ортофосфорной кислоты и 6 мл этилового спирта перемешивали в токе азота при 95° в течение 1 часа и обработали, как описано выше при получении эфираальдегида (V). Выделено 9 г эфираальдегида (VIII) с т. кип. 155—157°/0,1 мм, n_D^{20} 1,5070.

$\lambda_{\text{макс}}$ (в этаноле) 240 м μ ($\lg \epsilon$ 4,123), 340 м μ ($\lg \epsilon$ 3,677)

Найдено %: С 76,92; 76,91; Н 10,55; 10,54
C₂₄H₄₀O₃. Вычислено %: С 76,52; Н 10,70

2,4-Динитрофенилгидразон и семикарбазон эфираальдегида (VIII) не удалось получить в кристаллическом состоянии.

Диэтоксибисди-гидровитамин А (IX) (3,7-диметил-5,9-диэтокси-9-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил-1)нонадиен-2,6-ол). К раствору 3,1 г эфираальдегида (VIII) в 18 мл 97% этилового спирта при температуре 10—12° и перемешивании прибавили в течение 2 час. 370 мг борогидрида натрия. После обработки, описанной выше, и перегонки получено 2,4 г диэтоксибисди-гидровитамина А (IX) в виде вязкой почти бесцветной жидкости с т. кип. 143—145°/0,025 мм, n_D^{20} 1,5020.

Найдено %: С 75,85; 75,90; Н 11,11; 11,20
C₂₄H₄₂O₃. Вычислено %: С 76,12; Н 11,18

Найдено число активных водородов: 0,85, 0,85.

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского
Академии наук СССР

Поступило
13 V 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Н. Назаров, Ж. А. Красная, ДАН, 118, № 4, 716 (1958).
² Н. О. Huismann, Rec. Trav. Chim., 69, 851 (1950). ³ C. D. Robeson, J. D. Cawley, Брит. пат. 701807 (1954); Chem. Abstr., 49, 6308 (1955).

Г. В. КОРОВИНА, С. Г. ЭНТЕЛИС и Н. М. ЧИРКОВ
СКОРОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭТИЛЕНА И ПРОПИЛЕНА
СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ

(Представлено академиком В. Н. Кондратьевым 24 IV 1958)

Поглощение олефинов серной кислотой, как известно ^(1,9), является сложным кислотно-каталитическим процессом, в ходе которого одновременно происходит образование спирта и алкилкислоты ⁽²⁾. В случае поглощения пропилена серной кислотой ряд фактов говорит за то, что эти процессы идут параллельно ⁽³⁾. Вопрос о порядке обеих реакций до сих пор еще не решен. Гидратация олефинов, по Тафту ⁽⁴⁾, является мономолекулярной реакцией и порядок по воде равен нулю; по данным Цветковой ⁽⁵⁾ эта реакция второго порядка — первый порядок по воде и по пропилену.

Трудность экспериментального выяснения порядка реакции алкилирования связана с тем, что исследование всегда ведется в присутствии избытка кислоты, которая одновременно является реагентом и катализатором. Сведения относительно порядка реакции алкилирования можно получить, изучая связь скорости ее с кислотностью среды.

Если зависимость от кислотности h_0 скоростей обеих реакций одинакова, то одинаковой будет и зависимость начальной скорости брутто-поглощения ω_0 ($\omega_0 = \omega_{\text{алк}} + \omega_{\text{сп}}$).

Если же она различна, то связь ω_0 с h_0 будет, кроме того, определяться отношением абсолютных величин этих членов, меняющихся с концентрацией кислоты, и наблюдаемое соотношение между $\lg \omega_0$ и H_0 может принять сложный вид.

Знание зависимости между ω_0 и H_0 делает возможным сравнение сильно отличающихся по величине скоростей поглощения различных олефинов в одинаковых условиях.

Поскольку вопрос о количественном различии истинных скоростей поглощения олефинов исследован мало, представляло интерес провести сравнительное изучение скоростей поглощения пропилена и этилена кислотами в широком диапазоне концентраций. Знание истинных скоростей поглощения пропилена и этилена водной серной кислотой, кроме теоретического интереса, имеет существенное практическое значение при проведении процесса сернокислотного получения этилового и изопропилового спиртов.

Имеющиеся в литературе данные о скоростях поглощения этилена и пропилена водной серной кислотой ⁽⁶⁾ не представляют в этом отношении ценности, так как они были получены в диффузионной области, где различие в скоростях поглощения нивелируется. Исключением является работа Гельбштейна и Темкина ⁽⁹⁾, в которой авторы, сделав ряд допущений, получили из диффузионной кинетики константы скорости химического взаимодействия этилена и пропилена с H_2SO_4 .

Изучение истинной кинетики поглощения пропилена и этилена серной кислотой проводилось при 70° в описанной нами ранее циркуляционной стеклянной установке ⁽³⁾, дополненной газовой бюреткой на 500 см³. Давление газа в ходе опыта поддерживалось постоянным, равным атмосферному. Наблюдение за скоростью поглощения велось по количеству убывшего из газовой бюретки газа.

Если ограничиться начальным участком кинетической кривой брутто-поглощения, то, пренебрегая обратимостью, при расчетах можно пользоваться следующим уравнением:

$$\frac{d\Delta v}{dt} = k'P, \quad (1)$$

где Δv — приведенное к нормальным условиям изменение объема газовой фазы; P — давление газа в системе и

$$k' = 22,4 \cdot 10^3 k q v_k. \quad (2)$$

Удельная скорость k' вычислялась по уравнению (1) из средней скорости поглощения первых 400 см³ газа в условиях опыта, приведенных затем к нормальным. Константа скорости k вычислялась из уравнения (2), где q — константа Генри в моль/л·мм; v_k — объем кислоты в см³. Константа Генри находилась экстраполяцией литературных данных по растворимости пропилена в воде (7) к высоким температурам (при 70° $q = 3,11 \cdot 10^{-6}$ мол/л·мм). Для этилена брались та же величины.

Таблица 1

Опыты по поглощению пропилена и этилена серной кислотой различной концентрации при 70°

H ₂ SO ₄ , гсс. %	H ₀	v_k , см ³	w_{cp} , см ³ /мин.	P , мм рт. ст.	$k' \cdot 10^3$, см ³ /мин мм	k , мин ⁻¹	lg k	lg $k + nH_0^{***}$
Пропилен								
56,57	—3,70	4,8	0,49*	691,0	0,70	2,11	0,325	—3,24
60,34	—4,18	4,9	1,47	707,0	2,09	6,09	0,785	—3,25
64,92	—4,75	4,6	5,22	710,0	7,36	22,90	1,360	—3,22
67,70	—5,15	4,4	11,80	731,0	16,15	52,30	1,718	—3,25
70,04	—5,45	4,4	18,78	729,0	25,80	84,30	1,926	—3,24
Этилен								
79,51	—6,78	4,1	0,11**	745,5	0,14	0,5	—0,311	—7,91
86,05	—7,69	4,6	1,78	750,5	2,37	8,1	0,908	—7,71
89,39	—8,13	4,3	4,57	741,0	6,17	20,8	1,318	—7,79
91,46	—8,35	3,8	8,58	754,0	11,38	42,7	1,630	—7,72
95,41	—8,83	3,5	28,08	752,0	37,40	151,3	2,180	—7,70

* Значение w_{cp} вычислено по времени поглощения первых 200 см³ C₃H₆.

** Значение w_{cp} вычислено по времени поглощения первых 40 см³ C₂H₄.

*** Для пропилена $n = 0,97$, для этилена $n = 1,1$

В табл. 1 представлены данные опытов по поглощению пропилена и этилена серной кислотой разных концентраций. Значения H_0 серной кислоты при 70° взяты из работы Темкина с сотрудниками (8). Изменение величины H_0 серной кислоты при растворении в ней олефина не учитывалось, так как степень насыщения кислоты на начальном участке кинетической кривой мала.

Из приведенных данных (рис. 1) следует, что между логарифмом константы скорости поглощения олефина и функцией кислотности среды существует линейная связь:

$$\text{для этилена } \lg k = -1,1H_0 - 7,77, \quad (3)$$

$$\text{для пропилена } \lg k = -0,97H_0 - 3,24. \quad (4)$$

В обоих случаях коэффициенты пропорциональности при H_0 близки к единице; это служит указанием на то, что в реакциях спиртообразования

и алкилирования, из которых складывается процесс поглощения олефинов кислотой, лимитирующей стадии предшествует один и тот же процесс протонизации олефина.

В нашем случае поглощение этилена изучалось в условиях, когда наблюдаемый процесс почти целиком можно отнести за счет образования этилсерной кислоты и полученная зависимость константы скорости поглощения от кислотности (уравнение (4)) отражает зависимость константы алкилирования серной кислоты этиленом.

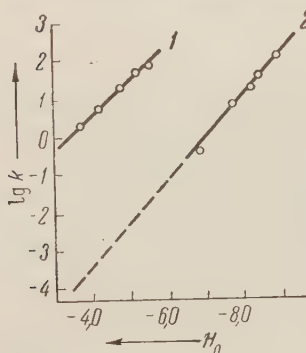


Рис. 1. Зависимость скорости поглощения пропилена (1) и этилена (2) от функции кислотности среды

Пропорциональность между наблюдаемой константой и кислотностью указывает на то, что частица серной кислоты не входит в состав активированного комплекса и реакция образования алкилкислоты, видимо, следует первому порядку, то есть выражение для скорости реакции алкилирования имеет вид:

$$\omega_{\text{алк}} = k_0 K h_0 C_{\text{эт.}}$$

Здесь k_0 — истинная константа скорости лимитирующего акта, K — константа протонизации этилена, $C_{\text{эт.}}$ — молярная концентрация этилена, a_i — активности и f_i — коэффициенты активности.

Экстраполяция прямых $\lg k - H_0$ на рис. 1 в одну область значений H_0 дает возможность сравнить истинные скорости поглощения пропилена и этилена. Как видно из рис. 1, скорости поглощения этих олефинов серной кислотой одной и той же концентрации различаются более чем в 1000 раз. Такое существенное различие в истинных скоростях поглощения пропилена и этилена серной кислотой, реализуемое в кинетической области или близкой к ней, позволяет провести количественное отделение C_3H_6 от C_2H_4 и тем самым исключить экономически невыгодную стадию разделения газов путем ректификации, применяемую в настоящее время в производстве синтетического спирта.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Поступило
22 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Х. Р. Рустамов, Н. М. Чирков, ЖФХ, 30, 261 (1956); Докл. АН УзССР, № 7, 43 (1954).
- ² R. Robey, Ind. and Eng. Chem., 33, 1077 (1941); R. W. Schrage, E. H. Anick, Ind. and Eng. Chem., 42, 2550 (1950).
- ³ С. Г. Энтелис, В. Е. Петракович, Г. В. Корovina, Н. М. Чирков, ДАН, 114, 848 (1957).
- ⁴ R. W. Taft, J. Am. Chem. Soc., 74, 5372 (1952).
- ⁵ В. И. Цветкова, Кандидатская диссертация, ИХФ АН СССР, 1956.
- ⁶ H. S. Davis, R. Schuler, J. Am. Chem. Soc., 52, 721 (1930); В. В. Пигулевский, Н. В. Рудакова, Материалы по крекингу и химической переработке его продуктов, в. 1, 67 (1933); В. Г. Моор, там же, в. 3, 108 (1936); М. А. Кердиваренко, П. К. Мигаль, М. Х. Кишиневский, ЖПХ, 28, 459 (1955); С. А. Назаров, М. Б. Маркович, Материалы по крекингу и химической переработке его продуктов, в. 4, ч. II, 3 (1949).
- ⁷ Internat. Crit. Tables of Num. Data in Phys., Chem. and Technol., 3, стр. 260.
- ⁸ А. И. Гельбштейн, Г. Г. Щеглова, М. И. Темкин, Журн. неорг. хим., 1, в. 3, 505 (1956).
- ⁹ А. И. Гельбштейн, М. И. Темкин, ЖФХ, 31, 2697 (1957).

П. С. ПЕРМИНОВ

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА РАСТВОРИМОСТЬ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В НИОБИИ И ТАНТАЛЕ*

(Представлено академиком А. Н. Фрумкиным 14 IV 1958)

В статье ⁽¹⁾, посвященной влиянию давления на растворимость молекулярного водорода в β -фазе системы палладий — водород, было показано наличие линейного соотношения между количеством растворенного водорода и логарифмом давления до концентрации 0,92 г-ат Н на 1 г-ат Pd. При этом было высказано предположение, что, по всей вероятности, логарифмическая закономерность существует и в случае других растворов газов в металлах в областях больших заполнений решетки.

Для проверки этого предположения было предпринято изучение систем Та — Н и Nb — Н, концентрация водорода в которых, как известно, достигает величин, близких к атомным отношениям 1 : 1. По ряду причин настоящее исследование было ограничено измерением растворимости водорода только при высоких температурах 620—680°, при которых быстро устанавливаются равновесные значения насыщения и полностью отсутствует гистерезисная петля при измерениях с подъемом и снижением давления.

Для исследований использовался химически чистый порошкообразный металлический ниобий и тантал в виде жести толщиной 0,1 мм. Оба металла подвергались предварительной обработке (активации) водородом при температуре 700° путем последовательного многократного повышения давления до 500—600 атм. и последующего снижения его до 1 атм. Этот прием повторялся до тех пор, пока количество водорода, выделяющееся при снижении давления, не достигало постоянного значения.

Определение растворимости водорода велось по методике, применявшейся для изучения системы Pd — Н. Бомбочки, употреблявшиеся в исследовании, были изготовлены из специальной хромо-никель-молибдено-кремнистой клапанной стали, сохраняющей достаточно высокие механические свойства при температуре 700—800°. В опытах использовались 3 бомбочки, объемом 15 см³ каждая. В одну из них было помещено 56,790 г ниобия, в другую 74,119 г тантала, а в третью медный калибровочный образец, объемом, равным объему образцов ниобия или тантала. Как и в случае системы Pd — Н, каждая экспериментальная точка определялась 3—4 раза с двух сторон: при подъеме и при снижении давления. Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в обеих изучаемых системах по мере повышения давления сверх атмосферного имеет место в начале относительно резкое возрастание растворимости, соответствующее, возможно, образованию новых более богатых водородом фаз, и затем медленное увеличение ее по логарифмической закономерности.

Для системы Nb — Н логарифмическая зависимость наблюдается в области заполнений от 0,53 до 0,73 г-ат Н на 1 г-ат Nb. В системе Та — Н пределы справедливости логарифмического закона охватывают более широкий интервал — от 0,2 до 0,72 г-ат Н на 1 г-ат Та. Абсолютные значения растворимости

* Экспериментальная часть работы выполнена совместно с А. А. Орловым.

Зависимость растворимости водорода в порошкообразном металлическом ниобии и в танталовой жести (толщиной 0,1 мм) от давления

Р, атм	Растворимость			Р, атм	Растворимость		
	г-ат Н на 1г-ат Nb при 673°	г-ат Н на 1 г-ат Та			г-ат Н на 1 г-ат Nb при 673°	г-ат Н на 1 г-ат Та	
		при 622°	при 679°			при 622°	при 679°
1	0,126	0,0759	0,0605	100	0,643	0,5118	0,4673
2,5	—	0,15	—	200	—	—	0,5262
3	—	—	0,1540	300	0,690	—	0,5622
5	0,534	—	0,1955	400	—	0,6350	0,5860
10	0,558	—	0,2508	500	0,715	—	0,5870
11,5	—	0,3324	—	550	—	—	0,6056
20	0,593	—	—	600	—	0,6714	—
25	—	0,3950	0,3360	610	0,721	—	—
30	0,595	—	—	750	—	—	0,6110
50	0,620	—	0,3812	800	0,728	—	—
80	—	0,4902	—	1000	0,732	0,7186	—

при атмосферном давлении в случае системы Ta — Н соответствуют известным данным Сиверса и Брюнинга (2). Значения растворимости водорода в ниобии, полученные нами при тех же условиях, соответствуют старым наблюдениям Крюсса и Нильсона (3) и Болтона (4) и превышают примерно в 2 раза данные более поздних измерений Хагена и Сиверса (5), что, вероятно, связано с различием в предыстории исследуемых объектов.

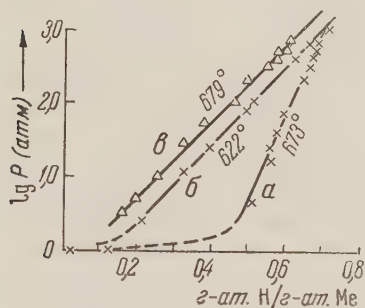


Рис. 1. Зависимость логарифма давлений от атомного содержания водорода в ниобии (а) и тантале (б, в)

По техническим причинам нам не удалось расширить пределы исследований на области более высоких давлений и более низких температур. Однако, судя по системе Pd — Н, для которой логарифмическая закономерность прослежена до заполнений 0,92 г-ат Н/г-ат Pd, есть все основания ожидать, что дальнейшее насыщение решеток Nb и Ta будет проходить также по логарифмическому закону.

Полученные экспериментальные данные, как нам кажется, являются убедительным подтверждением высказанного в начале статьи предположения о том, что логарифмическая закономерность применима в широком диапазоне давлений и характерна для систем металл — газ в областях больших заполнений решетки.

Поступило
5 II 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 П. С. Перминов, А. А. Орлов, А. Н. Фрумкин, ДАН, 84, 749 (1952).
- 2 A. Sieverts, H. Brünning, Zs. phys. Chem., (A), 174, 365 (1935).
- 3 G. Crüss, L. F. Nilson, Ber., 20, 1691 (1887).
- 4 W. Bolton, Zs. Elektrochem., 13, 145 (1907).
- 5 H. Hagen, A. Sieverts, Zs. anorg. Chem., 185, 225 (1930).

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

О. Я. САМОЙЛОВ

К ТЕОРИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КООРДИНАЦИОННЫХ
ЧИСЕЛ ИОНОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

(Представлено академиком И. И. Черняевым 21 IV 1958)

Среднее координационное число частиц представляет собой одну из основных количественных характеристик жидкости. Большое значение имеет координационное число при исследовании структуры и многих свойств жидких растворов ⁽¹⁾. Особое значение координационного числа при исследовании жидкостей связано с тем, что в случае жидкостей эта величина в большой мере зависит от теплового, и прежде всего от трансляционного движения частиц ⁽²⁾. Этим, в частности, обусловлены большие флуктуации координационных чисел в жидкостях ⁽³⁾.

Под координационным числом иона в разбавленном водном растворе понимается среднее число молекул воды, составляющих непосредственное окружение иона. Координационное число в значительной мере характеризует состояние иона в растворе. В настоящей работе на примере водных растворов электролитов кратко рассматривается вопрос о температурной зависимости координационных чисел частиц в жидких растворах.

Частицы жидкости, и в частности молекулы воды в водных растворах электролитов, постоянно находятся в трансляционном движении — постоянно совершают активированные скачки и обменивают ближайших соседей. Наблюдаемые значения координационных чисел связаны с двумя противоположными процессами: с одной стороны, с активированными скачками частиц, приводящими к их выходу из ближайшего окружения выбранной частицы, и, с другой стороны, с активированными скачками частиц, приводящими к попаданию частиц в ближайшее окружение выбранной частицы. Первый процесс ведет к уменьшению, второй — к увеличению координационного числа. Координационное число выбранной частицы определяется равновесием обмена частиц, составляющих ее ближайшее окружение*.

Можно написать условие равновесия для случая водного раствора электролита, содержащего, например, ионы сорта i . Как и раньше ⁽²⁾, рассмотрение вопроса о координационных числах ведется для области разбавленных растворов и предполагается, что ближайшее окружение выбранной частицы составляют только молекулы воды. Выберем какую-либо молекулу воды и ион. Равновесие между этими частицами раствора в смысле их окружения молекулами воды, естественно, характеризуется тем, что число молекул, составляющих ближайшее окружение выбранных частиц, не изменяется во времени, и, следовательно, постоянный обмен не приводит к перемещению воды, например, от выбранного иона к выбранной молекуле воды или в обратном направлении). Условием равновесия может явиться равенство средних (например, за 1 секунду) чисел активированных скачков молекул воды из ближайшего окружения выбранных частиц

$$n_i j_i = n_j, \quad (1)$$

* При рассмотрении вопроса о температурной зависимости координационных чисел можно принять, что в жидкости осуществляются только активированные скачки отдельных частиц: коллективные перемещения для рассматриваемого вопроса, вероятно, имеют меньшее значение.

где n_i — координационное число иона, j_i — среднее за 1 сек. число активированных скачков молекул воды, составляющих ближайшее окружение иона, n и j — соответственно координационное число и среднее за 1 сек. число активированных скачков молекул воды в воде. Для величин j и j_i могут быть написаны соотношения: $j = j_0 e^{-E/RT}$ и $j_i = j_{0i} e^{-(E+\Delta E)/RT}$, где j_0 и j_{0i} — предэкспоненциальные множители, а E и $E + \Delta E$ — значения соответствующих потенциальных барьеров ⁽²⁾. Подставляя написанные соотношения в равенство (1), имеем $n_i j_{0i} e^{-(E+\Delta E)/RT} = n j_0 e^{-E/RT}$, откуда

$$\frac{n_i}{n} = \frac{j_0}{j_{0i}} e^{\Delta E/RT}. \quad (2)$$

Соотношение (2) определяет температурную зависимость $\frac{n_i}{n}$ и вместе с тем n_i (температурная зависимость n известна из результатов рентгенографических исследований воды ⁽²⁾). Продифференцируем (2) по температуре:

$$\frac{d}{dT} \left(\frac{n_i}{n} \right) = - \frac{\Delta E}{RT^2} \frac{j_0}{j_{0i}} e^{\Delta E/RT}. \quad (3)$$

Равенство (3) указывает знак изменения координационного числа иона с температурой:

$$\frac{d}{dT} \left(\frac{n_i}{n} \right) > 0, \quad \text{если } \Delta E < 0$$

и

$$\frac{d}{dT} \left(\frac{n_i}{n} \right) < 0, \quad \text{если } \Delta E > 0.$$

Таким образом, в соответствии с (3) координационные числа ионов с отрицательной гидратацией ($\Delta E < 0$) с ростом температуры должны увеличиваться, координационные числа ионов с положительной гидратацией ($\Delta E > 0$) — уменьшаться (относительно координационного числа молекул воды). С ростом температуры должно происходить перемещение воды к ионам или от ионов (в зависимости от знака ΔE).

Рассмотренная зависимость температурных изменений координационных чисел от величин потенциальных барьеров, разделяющих соседние положения равновесия частиц, является общей для многих жидких растворов. Проявлением этой зависимости является диссоциация соединений в жидкостях, происходящая с ростом температуры. Согласно изложенному диссоциация во многих случаях сводится к тому, что с увеличением температуры частицы жидкости перемещаются в области с меньшими значениями потенциальных барьеров (к таким группировкам частиц, которым свойственны меньшие значения потенциальных барьеров).

Из соотношения (3) следует, что координационные числа ионов изменяются с температурой незначительно (квадрат абсолютной температуры в знаменателе). Изменения координационных чисел могут быть велики только в случае сравнительно больших значений ΔE . Однако соотношение (3), безусловно, является всего лишь качественным. Не учитывается, в частности, изменение ΔE с температурой. Следует попытаться экспериментально определить зависимость координационных чисел ионов в водных растворах от температуры. Сопоставление экспериментальных результатов с приведенными соображениями, вероятно, могло бы во многом способствовать выяснению механизма теплового движения частиц в водных растворах электролитов.

Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова
Академии наук СССР

Поступило
3 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. К. Семенченко, Журн. неорг. хим., **1**, № 6, 1131 (1956). ² О. Я. Самойлов, Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов, Изд. АН СССР, 1957. ³ В. К. Прохоренко, И. З. Фишер, ЖФХ, **31**, № 9, 1245 (1957).

Б. Я. СВЕШНИКОВ и Л. А. КУЗНЕЦОВА

К ДИФфуЗИОННОЙ ТЕОРИИ КИНЕТИКИ БИМОЛЕКУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ В РАСТВОРАХ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 23 IV 1958)

В 1936 г. одним из нас ⁽¹⁾ была сделана попытка применить основные положения теории диффузионного тушения флуоресценции растворов для объяснения зависимости скорости некоторых бимолекулярных реакций от вязкости растворителя. Было показано, что только предположение о том, что скорость диффузии является основным этапом, определяющим скорость реакции в растворах, позволяет легко объяснить наблюдающуюся в отдельных, правда, довольно редких случаях, линейную зависимость скорости реакции от вязкости растворителя. Без особых затруднений диффузионная теория может объяснить и более часто встречающийся случай, когда скорость реакции убывает значительно медленнее, чем текучесть раствора. Для этого только надо принять во внимание своеобразие в распределении соударений между молекулами растворенных веществ или, что в сущности то же, предположить зависимость скорости реакции от времени взаимодействия двух молекул, находящихся на данном расстоянии друг от друга, т. е. в этом случае уменьшение числа встреч растворенных молекул в вязких средах компенсируется возрастанием эффективности каждой встречи*.

Возможен, однако, и такой случай, когда уменьшение числа встреч в единицу времени при увеличении вязкости раствора компенсируется не только возрастанием эффективности встречи в вязких растворах, но и возрастанием длительности существования способной к реакции молекулы. В этом случае не исключена возможность, что будет наблюдаться независимость скорости реакции от вязкости раствора, несмотря на то, что кинетика реакции во многом определяется диффузией растворенных молекул. Подобное явление следует ожидать, например, в том случае, когда ответственными за реакцию являются возбужденные электронные состояния молекулы (синглетное или триплетное), длительность которых увеличивается при увеличении вязкости растворителя.

Поскольку метастабильные (триплетные) состояния органических молекул, ответственные за их фосфоресценцию, являются в то же время ответственными за важнейшие фотохимические и некоторые химические реакции, мы считали наиболее целесообразным для иллюстрации вышеизложенного исследовать тушение посторонними веществами фосфоресценции жидких растворов органических соединений. Известным и удобным опытом для такого исследования являются растворы акридинового оранжевого, у которых, как было показано ранее, длительность фосфоресценции возрастает по мере увеличения вязкости раствора ⁽⁵⁾ и резко убывает при добавлении в раствор ничтожных количеств тушителей, например, анилина и гидрохинона ⁽⁶⁾. В данной работе исследовалось влияние вязкости растворителя на тушение фосфоресценции спирто-глицериновых растворов вышеуказанного красителя йодистым калием и кислородом **. Основной характеристикой тушения

* Это своеобразие в распределении соударений между молекулами растворенных веществ и его значение для кинетики бимолекулярных реакций в растворах было отмечено также в статьях Рабиновича ⁽²⁾ и Фаулера и Слетера ⁽³⁾. Ими были введены общепринятые в настоящее время термины «встреча» (encounter) и «соударение» (collision) (взамен принятых в нашей статье «первичные» и «повторные» соударения).

** Нами было обнаружено, что длительность фосфоресценции растворов акридинового оранжевого заметно возрастает при обезгаживании раствора.

было изменение длительности фосфоресцентного состояния молекулы в отдельных случаях изучалось и изменение относительного выхода фосфоресценции при тушении.

Все исследуемые нами растворы содержали одну и ту же концентрацию красителя: $5 \cdot 10^{-5}$ мол/л. Вязкость растворов изменялась от 0,3 до 5 пуаз. Наивысшая концентрация йодистого калия была равна $6 \cdot 10^{-5}$ мол/л.

Установка состояла из ртутной лампы сверхвысокого давления, снабженной стабилизатором В. И. Широкова (?), линзы, двух светофильтров одного для поглощения теплового излучения и другого для выделения ртутной линии 436 мμ, двухдискового фосфороскопа, вращающегося от синхронного мотора со скоростью 1500 или 2500 об/сек, стеклянной кюветы * с исследуемым раствором, фотоумножителя с блоком питания к нему, катодного повторителя и электронного осциллографа ЭО-7. При определении относительного выхода фосфоресценции последний заменялся гальванометром, обладающим значительной инерцией.

При надлежащем выборе отверстий в дисках фосфороскопа на экране осциллографа может быть получена кривая затухания фосфоресценции, соответствующая значительному изменению начальной интенсивности свечения. Эта кривая зарисовывалась нами и затем изучалась. Она могла быть аппроксимирована к экспоненте, если исключить небольшие участки в начале и в конце кривой, соответствующие открыванию и закрыванию отверстия фосфороскопа. Найденная таким способом константа затухания фосфоресценции хорошо совпадает с константой, определяемой обычным способом путем сравнения интенсивности свечения при двух положениях дисков фосфороскопа относительно друг друга**.

Точное определение относительного выхода фосфоресценции с помощью фосфороскопа Беккереля для случая, когда длительность фосфоресценции сравнима с временем обращения диска фосфороскопа, представляет значительные затруднения. Необходимо учитывать спадание интенсивности свечения за время прохождения отверстия в диске фосфороскопа перед окном фотоумножителя и то обстоятельство, что при возбуждении фосфоресценции могло быть не достигнуто стационарное состояние. Произвести очень точный расчет необходимых поправок трудно, но в нашем случае задача облегчается тем обстоятельством, что нас интересуют не точные значения относительного выхода фосфоресценции сами по себе, а точное определение изменений относительного выхода фосфоресценции в процессе ее тушения.

На рис. 1 приведены полученные нами значения длительности фосфоресцентного состояния в обезгаженных (τ_0) и необезгаженных (τ) растворах акридинового оранжевого в зависимости от текучести раствора (сплошные кривые). При первом взгляде на эти кривые трудно поверить, что тушение фосфоресценции кислородом обусловлено диффузионными процессами. Однако если учесть, что диффузионное тушение пропорционально длительности возбужденного состояния молекулы, и построить график зависимости тушения от вязкости, в котором тушащее действие характеризовалось бы не общепринятой величиной $\frac{\tau_0}{\tau} - 1$, а величиной $\frac{\tau_0 - \tau}{\tau_0 \tau}$, то полученная таким способом кривая (рис. 2) весьма напоминает известную кривую зависимости выхода (длительности) флуоресценции от вязкости растворителя. Аналогичная кривая получается и при исследовании влияния вязкости на тушение йодистым калием фосфоресценции обезгаженных растворов того же красителя (рис. 3). При очень больших значениях вязкости тушение фосфоресценции не наблюдается. Так, фосфоресценция глицерино-спиртовых растворов при температуре жидкого воздуха затухает по одному закону в отсутствие и при добавлении ($6 \cdot 10^{-5}$ мол/л) йодистого калия.

Утверждение, что тушение фосфоресценции растворов акридинового

* Кюветы были сделаны из увиолевого стекла, не дающего послесвечения.

** При этом измерения производились с помощью инерционного гальванометра.

оранжевого, подобно тушению флуоресценции этого красителя, обусловлено диффузионными процессами, хорошо согласуется с результатами сравнения изменений относительного выхода и длительности фосфоресценции. Из теории диффузионного тушения⁽⁹⁾ следует, что при малых концентрациях тушителя и малой эффективности встречи тушащей молекулы с возбужденной

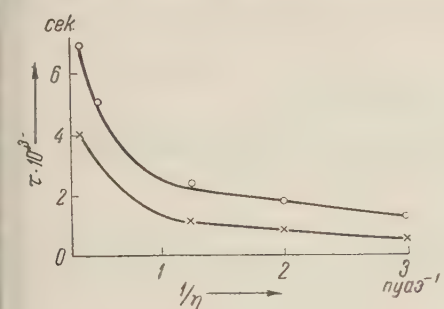


Рис. 1. Длительность фосфоресценции акридинового оранжевого в обезгаженных и необезгаженных спирто-глицериновых растворах различной вязкости

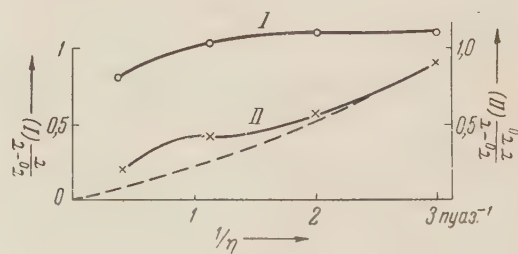


Рис. 2. Влияние вязкости раствора на тушение кислородом фосфоресценции акридинового оранжевого

(малой сфере действия)* изменения выхода и длительности свечения должны быть строго пропорциональны друг другу. Рис. 4 показывает, что при

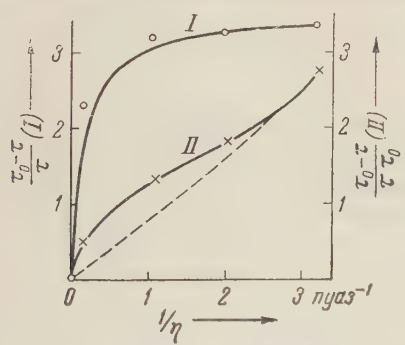


Рис. 3. Влияние вязкости раствора на тушение йодистым калий фосфоресценции акридинового оранжевого

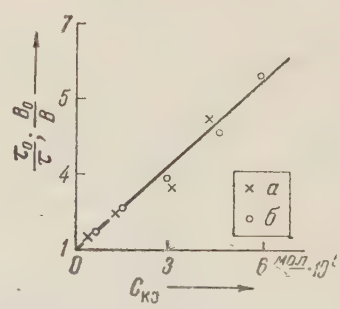


Рис. 4. Зависимость относительного выхода (B_0/B) и длительности τ_0/τ фосфоресценции акридинового оранжевого от концентрации тушителя, а — B_0/B , б — τ_0/τ

тушении фосфоресценции водно-глицериновых растворов акридинового оранжевого йодистым калием относительный выход и длительность фосфоресценции изменяются одинаково.

Поступило
10 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

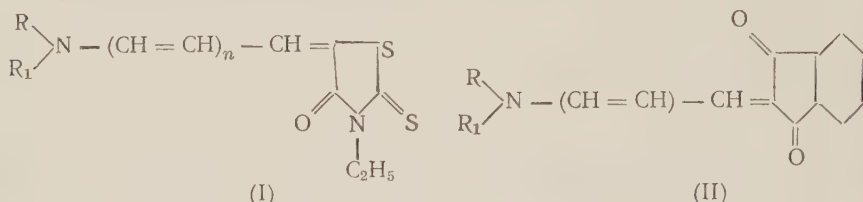
¹ Б. Я. Свешников, ДАН, **3**, 61 (1936). ² E. Rabinowitch, Trans. Farad. Soc., **33**, 1225 (1937). ³ R. H. Fowler, N. B. Slater, Trans. Farad. Soc., **34**, 81 (1938). ⁴ А. Н. Теренин, Фотохимия красителей, 1947. ⁵ Б. Я. Свешников, П. П. Дикун, ДАН, **60**, 571 (1948). ⁶ Б. Я. Свешников, П. П. Дикун, ДАН, **60**, 791 (1948). ⁷ В. И. Широков, Изв. АН СССР, сер. физ., **10**, в. 5, 605 (1956). ⁸ I. M. Frank, S. I. Wawilow, Zs. Phys., **69**, 100 (1931); Б. Я. Свешников, Acta Physicochim. URSS, **7**, 755 (1937). ⁹ Л. А. Кузнецова, Б. Я. Свешников, В. И. Широков, Оптика и спектроскопия, **2**, в. 5, 578 (1957).

* Сравнение концентраций тушителя, потребных для получения одного и того же эффекта в случае фосфоресценции и флуоресценции с длительностями соответствующих возбужденных состояний, показывает, что эффективность тушения в случае фосфоресценции в десятки и сотни раз меньше.

Е. А. ШОТТ-ЛЬВОВА, член-корреспондент АН СССР Я. К. СЫРКИН,
И. И. ЛЕВКОЕВ и М. В. ДЕЙЧМЕЙСТЕР

ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ ГЕМИОКСАНИНОВ ПРОИЗВОДНЫХ 3-ЭТИЛРОДАНИНА И ИНДАНДИОНА(1,3)

Нами измерены гетеродинным методом в бензоле при 25° дипольные моменты ряда гемиоксанинов с остатками 3-этилроданина (I) и индандиона 1,3(II) отличающихся группировками при внекольцевом атоме азота и длиной сопряженной полиметиновой цепи



где R = C₆H₅; R₁ = HCH₃ или CH₃CO; R и R₁ вместе = (CH₂)₅; n = 0, 1 или 2.

Красители с фениламино- и фенилацетиламино-группами получались известными методами (1-5). Действием на последние пиперидина в спиртовом растворе были синтезированы N-пиперидино-производные (6). Метилфениламинометиленовые замещенные получались нагреванием 3-этилроданина или индандиона(1,3) с орто-муравьиноэтиловым эфиром и метиланилином (7). Красители очищались хроматографированием на окиси алюминия и последующей кристаллизацией из этилового спирта, а затем из бензола и высушивались в вакууме при 70—80°.

В табл. 1 приведены последовательно нумерация, формула соединения, пределы измеренных концентраций, поляризации полная, электронная, значения дипольных моментов в единицах Дебая, и положение максимума поглощения спиртовых растворов красителей (λ_{макс}), измеренное на спектрофотометре СФ-4. Электронные поляризации определены по рефракциям связей. Атомные поляризации специально не учитывались, что может внести лишь незначительные изменения в величину дипольного момента, так как все измеренные вещества имеют большую ориентационную поляризацию.

В исследованных соединениях внекольцевой атом азота связан с тремя атомами. Однако конфигурация при этом, вероятно, не пирамидальная, а плоская, как в мочеvine, ацетамиде и других соединениях, в которых азот в значительной мере заряжен положительно (с sp²-гибридизацией и образованием трех σ- и одной π-связи)(8). Однако метод дипольных моментов недостаточен для однозначного установления конфигурации.

Опытные данные показывают, что соединения, отличающиеся только длиной полиметиновой цепи, имеют резко различные моменты. Увеличение

числа двойных связей между полярными остатками ($\text{>C} = \text{O}$ и $-\text{N} \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \diagdown \text{R}_1 \end{array}$) всегда вызывает увеличение момента. Это связано, очевидно, не только с изменением конфигурации, но и с повышением общей полярности при удлинении полиметиновой цепи. При вступлении одной виниленовой группы момент растет в большей степени, чем при вступлении второй такой группы (9). Это указывает на то, что сопряжение между кислородом и внекольцевым

Таблица 1

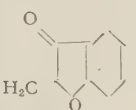
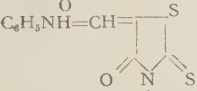
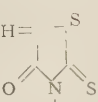
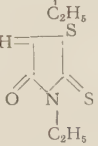
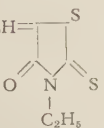
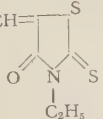
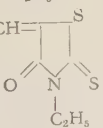
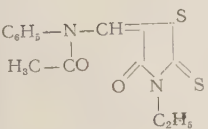
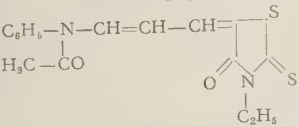
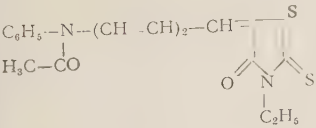
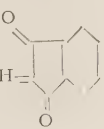
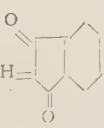
№ п.п.	Формула	Молярн. доли, f	$P_{\text{общ}}$	$P_{\text{эл}}$	Дипольн. момент $\mu \cdot 10^{18}$ (Д) $D^{\text{в}}$	Максим. поглощ. в C_2H_5OH (мк)
1	 индандион (1,3)	0,00063 0,00325	192,4	38,2	2,72	—
2	 $C_6H_5NH-CH=$	0,00050 0,00062	453,6	74,5	4,27	413
3	 $C_6H_5NH-CH-CH-CH=$	0,00011 0,00019	794,5	82,9	5,85	483
4	 $C_6H_5NH(CH=CH)_2-CH=$	0,000091 0,000094	913,3	91,7	6,28	538
5	 $C_6H_{10}N-CH=$	0,00041 0,00138	877,6	71,2	6,23	390
6	 $C_6H_{10}N-CH=CH-CH=$	0,00057 0,00088	1470,3	80	8,17	467
7	 $C_6H_{10}N-(CH=CH)_2-CH=$	0,00017 0,00031	1770,2	88,8	9,00	553
8	 $C_6H_5-N-CH=$	0,00099 0,00307	484,2	83,7	4,39	370
9	 $C_6H_5-N-CH=CH-CH=$	0,00041 0,00055	626,2	92,5	5,06	405
10	 $C_6H_5-N-(CH-CH)_2-CH=$	0,00029 0,00094	718,5	101,3	5,44	437
11	 $C_6H_5NH-CH=$	0,00059 0,00132	189,6	70,2	2,40	366
12*	 $C_6H_5NH-(CH-CH)_2-CH=$	0,000028 0,00003	915,7	87,7	6,31	568

Таблица 1 (продолжение)

№ п.п.	Формула	Молярные доли, f	$P_{\text{общ}}$	$P_{\text{эл}}$	Дипольный момент $\mu \cdot 10^{18}$ (D)	Максимальное поглощение в C_2H_5OH (м μ)
13		0,00035 0,00092	316,1	67,2	3,46	338
14		0,00016 0,00061	897	76	6,28	432
15		0,00024 0,00034	1289,8	84,8	7,61	535
16		0,00092 0,00277	661,1	79,1	5,29	395
17		0,00095 0,00124	217,4	75,1	2,62	353

* 2- γ -фениламиноаллилидениндандион (1,3) очень плохо растворим в бензоле. Максимум поглощения этого соединения в этиловом спирте при 470 м μ . В прежней работе⁽⁹⁾ имеется опечатка.

азотом в этих соединениях при удлинении полиметиленовой цепи постепенно понижается^(4, 10, 11). Как величины изменения моментов, так и степень уменьшения этих изменений зависят от строения остатков амина и кетометиленового соединения. Эти величины заметно больше у гемииоксанинов с остатком пиперидина, чем у соединений, содержащих фениламино-группу (ср. №№ 5, 6, 7 с 2, 3, 4 и 13, 14, 15 с 11 и 12—табл. 1). Это связано с меньшей основностью азота фениламино-группы из-за его сопряжения с бензольным ядром, в связи с чем электронные смещения от азота к карбонильной группе в соединениях с этой группировкой понижены. Сопоставим красители производные 3-этилроданина с остатками анилина и пиперидина. В случае метиленовых производных (№№ 5 и 2) разность между моментами равна 1,96 D. У аллилиденовых производных (№№ 6 и 3) эта разность равна 2,32 D, а в случае пентадениленовых (№№ 7 и 4) 2,72 D. Таким образом, при переходе от одной к двум двойным связям во внешней цепи эта разность растет на 0,36, а при переходе от двух к трем двойным связям на 0,40, т. е. увеличивается почти линейно с длиной полиметиленовой цепи. В меньшей степени возрастают при удлинении полиметиленовой цепи моменты соединений, содержащих фенилацетиламино-группу (№№ 8, 9, 10). Это связано с сопряжением атома азота не только с бензольным ядром, но и с атомом кислорода ацетильной группы. В результате этого сопряжение через полиметиленовую цепь уменьшается.

Хотя момент индандиона (1,3) 2,72 D больше, чем 3-этилроданина (1,75 D)⁽¹²⁾, моменты монометингемииоксанинов значительно меньше у производных первого из этих соединений. Это, по-видимому, связано с различными направлениями векторов моментов в 3-этилроданине и индандионе (1,3).

Расчет затруднен из-за отсутствия данных о пространственных конфигурациях этих соединений. Однако при удлинении цепи величины моментов у гемиоксанинов производных индандиона(1,3) увеличиваются значительно больше, чем у производных 3-этилроданина. Так, при вступлении в цепь двух виниленовых групп у красителей с остатком анилина момент увеличивается в первом случае на 3,91 D и во втором только на 2,01 D, а у соединений с остатком пиперидина соответственно на 4,15 и 2,77 D. Эти данные указывают на значительно больший электроноакцепторный характер остатка индандиона (1,3) по сравнению с 3-этилроданином (⁵, ¹¹). Однако и у производных индандиона(1,3) сопряжение атомов азота и кислорода при удлинении цепи уменьшается, так как вступление в 2-пиперидилметилениндандион (1,3) первой виниленовой группы увеличивает момент на 2,82 D, а второй только на 1,33 D.

Изменение спектров поглощения изученных гемиоксанинов при удлинении их полиметиновой цепи находится в соответствии с выводами о строении этих соединений, полученными при рассмотрении их дипольных моментов. Так, при удлинении цепи окраска соединений с ацетилфениламиногруппой относительно мало углубляется (на 35 и 32 м μ на одну виниленовую группу), а моменты также лишь незначительно растут. Наибольшее смещение максимума поглощения при вступлении виниленовых групп (94—104 м μ) имеет место у производных индандиона (1,3), в которых при этом наблюдается особенно значительное увеличение моментов. В случае фениламинопроизводных 3-этилроданина вступление первой виниленовой группы вызывает на смещение максимума поглощения и на изменение момента заметно большее влияние, чем второй такой же группы (70 и 55 м μ ; 1,58 и 0,43 м μ). Увеличение bathochromного сдвига максимума поглощения при вступлении в цепь второй виниленовой группы по сравнению с первой у красителей с остатком пиперидина, возможно, объясняется тем, что строение моно- и полиметиновых соединений этого ряда в спиртовом растворе близко к внутримолекулярному. В случае же менее полярных пентаметиновых производных в тех же условиях в хромсформе имеет место, по-видимому, более равномерное распределение электронной плотности, что, как в случае других внутриониевых красителей, должно вести к смещению максимума поглощения в длинноволновую область (⁵, ¹¹, ¹³).

Представляет интерес сопоставление моментов соединений №№ 16 и 2. В красителе (№ 16) внутримолекулярная водородная связь невозможна. В соединении № 2 водород при атоме азота может дать водородную связь с кислородом роданинового остатка, поскольку при этом образуется устойчивый 6-членный цикл. Наличие водородной связи стабилизирует одну пространственную конфигурацию.

Поступило
9 V 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Kodak Ltd., Брит. пат. 470725, 479970; Chem. Zbl., 2,4002 (1937); 2, 4271 (1938), Kodak Pathé, Франц. пат. 49385; Chem. Zbl., 2, 3522 (1939). ² И. И. Левкоев, И. Н. Свешников, Л. В. Розвадовская, Авт. свид. СССР, 68789. ³ F. M. Damer, B. S. Winton, J. Chem. Soc., 1949, 1126. ⁴ М. В. Дейчмейстер, Диссертация, М., 1951; М. В. Дейчмейстер, З. П. Сытник, Э. Б. Лифшиц, ЖОХ, 22, 166 (1952); М. В. Дейчмейстер, И. И. Левкоев, Э. Б. Лифшиц, ЖОХ, 23, 1529 (1953). ⁵ В. Г. Жиряков, И. И. Левкоев, ЖОХ, 24, 710 (1954). ⁶ Kodak Pathé, Франц. пат. 841632; Chem. Zbl., 2, 3523 (1939). ⁷ Fabwerke Hoechst, Пат. ФРГ 834104; Chem. Zbl., 7942 (1953). ⁸ R. J. Kurland, J. Chem. Phys., 23, 2202 (1955). ⁹ L. G. S. Brooker, F. L. White et al., J. Am. Chem. Soc., 63, 3192 (1941). ¹⁰ L. G. S. Brooker, Frontiers in Chem., N. Y., 3, 63 (1945). ¹¹ L. G. S. Brooker, G. H. Keyes et al., J. Am. Chem. Soc., 73, 5332 (1951). ¹² Е. А. Готт-Львова, Я. К. Сыркин, И. И. Левкоев, З. П. Сытник, ДАН, 116, 104 (1957). ¹³ А. И. Киприанов, В. Е. Петрунькин, ЖОХ, 10, 613 (1940); А. И. Киприанов, Е. С. Тимошенко, Укр. хим. журн., 18, 347 (1952); И. И. Левкоев, Н. Н. Свешников, Э. В. Лифшиц, ДАН, 74, 275 (1950).

М. А. ГЛАГОЛЕВА

ФОРМЫ МИГРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 24 IV 1958)

Речными водами различные вещества переносятся в трех формах: 1) в виде истинного и коллоидного растворов, 2) в виде механической взвеси тонкозернистых кластических частиц, отвечающих пелитам или тонким алевролитам, 3) в виде влекомого грубозернистого материала. Количественные соотношения между этими тремя формами у различных рек различны в зависимости от характера водного режима рек и характера дренируемой местности.

Для решения вопросов о питании бассейнов осадочным материалом и для познания механизма осадочного процесса в водоемах имеет значение, однако, не только общая формула стока, но и знание форм миграции элементов в речных водах. Данная работа является продолжением и углублением в смысле фактических данных тех исследований, которые начаты в этой области отделом сравнительной литологии Геологического института АН СССР под руководством Н. М. Страхова. Целью работы было выявление форм миграции элементов в речных водах и установление количественных соотношений между ними.

Объектом исследования были воды рек Черноморского бассейна — Дона, Дуная, Днепра, Припяти, Кубани, Риона, Чороха, взятые во время паводка, когда реки выносят в море основную массу (70—80%) годового стока наносов. В отобранных пробах вода была разделена на грубую взвесь, тонкую взвесь и раствор (коллоидный + истинный). Грубая взвесь была получена выделением из воды частиц, осевших согласно закону Стокса за 7 дней на дно бидона из слоя воды высотой 50 см. Основную массу их составляли частицы крупнее 0,001 мм. Тонкая взвесь была получена отфильтровыванием через мембранные фильтры частиц, не осевших на дно бидона за 7 суток. Профильтрованная вода содержала вещества в растворе, частью истинно, частью коллоидно.

Такое разделение речной воды на взвеси и раствор (коллоидный + истинный) является, конечно, несколько условным, так как при отстаивании, очевидно, некоторая часть коллоидов увлекалась взвесями и оседала вместе с ними. Благодаря тому, что часть коллоидов попала во взвеси, результаты определений по всем элементам, очевидно, несколько завышены во взвесьях и занижены в растворах, если раствор рассматривать как сумму молекулярно и коллоидно растворенных веществ.

В грубых и тонких взвесьях и в растворах, предварительно высушенных до сухих солей, было проведено химическое определение валового содержания Fe, Mn, P, Ca, $C_{орг}$. Все химические определения сделаны по методикам описанным в (5).

Кроме химического анализа было проведено Н. В. Лизуновым полуколичественное спектральное определение ряда элементов (соответственно табл. 1 и 2).

На основе данных химического и спектрального анализов и данных по количеству взвесей, высушенного раствора и воды по каждой пробе были рассчитаны содержания каждого элемента в 1 л воды — отдельно во взве-

Таблица 1

Состав грубых взвесей и растворов (высушенного вещества)

Станция взятия проб воды	Количество воды, л	Количество взвесей, г	Данные химического анализа, % к воздушно-сухой навеске									Данные спектрального анализа, условные единицы								
			Fe	Mn	P	Ca	Сорг	Cu	Ni	V	Cr	V	Cr	Cu	Ni	Sr	Ba	Be	Ga	
II	115	0,49	4,13	0,184	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	2	3	4	1	3	5	—	—	
IIa	90	2,27	2,96	0,090	не опр.	1,02	6,67	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	2	2	3	1	3	4	1	—	
IIб	114	2,61	2,64	0,237	не опр.	не опр.	8,73	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1	2	3	1	2	4	—	—	
IIIa	111	16,18	7,64	0,080	0,052	1,70	2,14	0,0023	0,0056	0,0168	0,0110	3	3	3	2	3	5	—	1	
IIIб	107	7,68	8,92	0,083	0,072	1,45	3,78	0,0077	0,0079	0,0146	0,0093	3	3	3	3	2	4	1	1	
IV	104	18,40	5,96	0,100	0,033	3,58	1,53	0,0065	0,0082	0,0112	0,0099	3	4	3	3	3	5	1	1	
V	107	26,54	5,05	1,160	0,040	3,83	0,74	0,0041	0,0085	0,0151	0,0093	3	3	3	3	3	6	—	1	
VI	111	6,80	6,39	0,086	0,045	3,36	1,38	0,0200	0,0064	0,0123	0,0054	3	3	4	2	3	6	1	1	

Г р у б ы е в з в е с и																		
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Грубые взвеси

Растворы (высушенное вещество)

I	115	17,2	0,31	0,007	0,018	18,84	10,66	0,0040	0,0013	нет	0,0009	—	—	2	—	4	2	—	—
IIa	90	16,2	0,11	0,011	0,018	18,63	3,83	0,0012	0,0038	нет	0,0012	—	—	3	—	4	3	2	—
IIб	96	17,3	0,08	0,007	0,023	20,72	5,12	0,0013	0,0013	нет	0,0005	—	—	3	—	5	2	—	—
IIIa	111	19,7	0,15	0,011	0,021	20,58	2,18	0,0072	0,0014	нет	0,0011	—	—	3	—	4	2	1	—
IIIб	107	34,5	0,09	0,012	0,016	16,38	2,20	0,0047	0,0011	нет	0,0008	—	—	3	—	4	2	—	—
IV	104	24,3	0,08	0,010	0,009	19,22	1,96	0,0060	0,0014	нет	0,0015	—	—	3	—	4	3	—	—
V	107	14,2	0,14	0,023	0,013	21,92	0,67	0,0067	0,0075	нет	0,0009	—	1	3	—	5	5	—	—
VI	111	13,6	0,20	0,011	0,014	18,41	0,96	0,0105	0,0011	нет	0,0018	—	1	3	—	5	5	—	—

Примечание. А. В табл. 1—3 станции взятия проб воды: I — р. Припять, выше г. Черногобыль; II — р. Днепр, а — выше г. Херсона, б — выше г. Верхнеднепровска; III — р. Дон, а — выше г. Калача-на-Дону, б — выше ст. Аксайской; IV — р. Дунай, выше г. Измаила; V — р. Рийон, выше пос. Цхакая; VI — р. Чорох, выше г. Батуми. Б. В табл. 1 и 2 условные единицы спектрального анализа:

	1—3 усл. ед.	3—6 усл. ед.	6—9 усл. ед.
V, Cr, Ni (процентов)	0,005—0,05	0,05—0,5	0,5 и более
Cu, Sr, Ba, Be (процентов)	0,0005—0,005	0,005—0,05	0,05—1,0
Ga (процентов)	0,001—0,01	0,01—0,1	0,1—0,5

Таблица 2*

Состав тонких взвесей

Станция взятия проб воды	Количество воды, л	Количество взвесей, г	Данные химического анализа, % к воздушно-сухой навеске			Данные спектрального анализа, условные единицы							
			Fe	Mn	P	V	Cr	Cu	Ni	Sr	Ba	Be	Ga
I	115	0,077	не определялись			1	2	4	—	—	3	—	—
IIa	90	0,215	9,07	0,45	не опр.	2	1	3	—	2	4	2	—
IIб	114	0,084	не определялись			2	1	3	—	2	4	—	—
IIIa	111	1,071	8,37	0,12	0,24	2	2	4	3	2	6	2	—
IIIб	107	0,714	8,26	0,13	0,37	3	3	3	2	2	5	1	1
IV	104	0,272	6,60	0,16	не опр.	3	4	3	2	3	5	2	1
V	107	0,341	5,31	0,96	0,12	3	4	3	3	2	6	1	2
VI	111	0,428	7,37	0,13	0,11	3	3	4	2	3	6	—	1

* См. примечание к табл. 1.

Таблица 3*

Формы миграции элементов в процентах от общего содержания каждого из этих элементов в речных водах

Станция взвешивания	Fe		Mn		P		Ca		Сорг		V		Cr		Cu		Ni		Sr		Ba		Be		Ga	
	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.	сумма	раств.
I	25,8	74,2	72,7	27,4	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	100	—	100	—	6,3	93,7	100	—	1,7	98,3	6,9	3,1	—	—	12,5	87,5
IIб	80,8	9,2	80,6	19,4	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.	17,8	82,2	100	—	100	—	12,6	87,4	100	—	4,9	95,1	20,5	79,5	—	—	4,9	95,1
IIа	83,5	16,5	60,0	40,0	не опред.	не опред.	0,8	99,2	19,6	80,4	100	—	100	—	14,8	85,2	100	—	7,8	92,2	7,7	92,3	—	—	7,8	92,2
IIIб	96,0	4,0	70,0	30,0	61,6	38,4	1,9	98,1	27,6	72,4	100	—	100	—	18,0	82,0	100	—	37,6	62,4	35,4	64,6	—	—	37,6	62,4
IIIа	97,8	2,2	84,6	15,4	69,3	30,7	6,2	93,8	44,5	55,5	100	—	100	—	46,8	53,2	100	—	36,1	63,9	71,7	28,3	—	—	36,1	63,9
IV	98,3	1,6	98,9	1,1	75,0	25,0	12,0	88,0	35,7	64,3	100	—	100	—	42,2	57,8	100	—	50,2	49,8	56,5	43,5	—	—	50,2	49,8
V	98,6	1,4	99,0	1,0	83,8	16,2	24,1	75,9	67,1	32,9	100	—	87,4	12,6	64,0	36,0	100	—	26,0	74,0	68,5	31,5	—	—	26,0	74,0
VI	94,5	5,5	80,8	19,1	63,0	37,0	8,1	91,9	42,0	58,0	100	—	64,8	35,2	35,5	64,5	52,0	48,0	—	—	41,2	58,8	—	—	—	—

* См. примечание А к табл. 1.

шенном состоянии и в растворенном. По сумме этих величин, принятой за 100, были найдены взвешенная и растворенная формы каждого элемента (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что все изучаемые элементы разбиваются в основном на две группы. Первая группа, обнимающая Fe, Mn, P, V, Cr, Ni, Ga, мигрирует главным образом в форме взвесей и лишь частично в растворенном состоянии. Такое поведение элементов объясняется низкой растворимостью их соединений, малой подвижностью тяжелых металлов в условиях высокого окислительно-восстановительного потенциала и кислотности речных вод (рН 7,5—8,5), сильной абсорбцией P, V, Cr и Ga различными коллоидами речных вод и осажждением с ними. Исключением являются Днепр и его приток Припять (причина — заболоченность водосборного бассейна Припяти, что сказывается и в низовьях Днепра). Так как Fe, Mn и P способны давать растворимые органические комплексы, то у рек, дренирующих болота (Припять), содержание растворенных Fe и Mn (в виде металлоорганических соединений) бывает иногда очень высоким, а иногда даже превышает содержание этих элементов во взвесах.

Вторую группу составляют $C_{орг}$, Cu, Ca, Sr, Ba; основной формой миграции их в речных водах являются растворы, притом для трех последних — истинные, в основном бикарбонаты этих элементов. В миграции растворенной меди, очевидно, большую роль играют еще и органические комплексы. Принципиально иное по сравнению с другими тяжелыми металлами поведение Cu объясняется тем, что у Cu соединения высших степеней окисления в условиях высокого окислительно-восстановительного потенциала речных вод почти не гидролизуются⁽⁶⁾ и поэтому отличаются высокой подвижностью, что способствует миграции в растворенном состоянии. Щелочноземельные элементы Ca, Sr, Ba мигрируют в растворенной форме в силу высокой

растворимости их соединений. Но даже в состоянии сильного пересыщения они способны удерживаться в растворе (в воде Рыбинского водохранилища при пересыщении в 58 раз не происходило садки CaCO_3 ⁽¹⁾). Это объясняется, очевидно, тем, что эти элементы, обладая низким ионным потенциалом ⁽²⁾ и высокой энергией гидратации ⁽³⁾, при переносе в зоне гипергенеза стремятся перейти в устойчивые ионные растворы. Миграция этих элементов в растворах способствует выносу их из рек и накоплению в пелагических зонах морей.

Различие форм миграции элементов в речных водах, выявленное в данной работе, еще раз подтверждает правильность сделанного Н. М. Страховым ⁽⁴⁾ разделения компонентов речного стока на группы. Так, Fe, Mn, Ni, P, V, Sr, Ga, мигрирующие в речных водах согласно данным нашей работы главным образом во взвешенной форме, относятся к 3-й группе компонентов по классификации Н. М. Страхова. Главными факторами распределения компонентов этой группы в речной воде являются pH, eH, уголекислота, кислород и концентрация органического вещества в воде.

Ca, Sr, Ba, Cu, $\text{C}_{\text{орг}}$ относятся ко 2-й (или карбонатной) группе компонентов по классификации Н. М. Страхова, соединения которой переносятся реками как во взвешенном, так и растворенном состоянии в зависимости от минерализации воды, рельефа местности водосборного бассейна и количества взвешенного материала.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
24 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. П. Воронков, Тр. Гос. гидрол. инст., в. 33 (87) (1951). ² В. М. Гольдшмидт, Сборн. статей по геохимии редких элементов, 1938. ³ В. И. Лебедев, Геохимия, № 6 (1957). ⁴ Н. М. Страхов и др., Образование осадков в современных водоемах, 1954. ⁵ Методы изучения осадочных пород, 2, 1957. ⁶ В. В. Щербина, ДАН, 67, № 3 (1949).

Н. В. ТАГЕЕВА

О ГЕОХИМИИ ГЛИНИСТЫХ ОСАДКОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 8 III 1958)

В настоящее время диагенез морских осадков изучается главным образом на минеральной части отложений. Вместе с тем чрезвычайно важно изучение поровых вод морских осадков, составляющих значительную часть их и находящихся в подвижном равновесии с минеральным и органическим веществом осадков. В Лаборатории гидрогеологических проблем Академии наук СССР автором при участии М. М. Тихомировой и В. В. Коруновой с 1954 г. ведется геохимическое исследование морских глинистых осадков с целью выяснения их диагенеза, причем изучаются не только сами осадки, но и их поровые воды⁽¹⁾. Исследуются осадки шельфа Каспийского и Черного морей древнечетвертичного и плиоценового возраста, по-видимому не испытывавшие осушения.

Исследование поровых вод осадков производилось путем отпрессовывания их под давлением 150 кг/см² по методике Крюкова⁽¹⁾ и дальнейшего изучения химического состава полумикроанализом и спектральным анализом. Результаты изучения глинистых осадков, относящихся к банке Макарова и банке Погорелая плита Бакинского архипелага Каспийского моря, приведены в табл. 1. Для сравнения поровых вод с водой Каспийского моря в таблице приведен химический состав воды из того же района Каспийского моря.

Как видно из табл. 1, изученная нами стратиграфическая колонка отложений Каспия, относящаяся к промежутку времени более 1 млн. лет, представлена довольно однообразной глинистой толщей со средним диаметром частиц от 3,6 до 5 μ , в которой глинистыми минералами являются главным образом гидрослюды. Содержание карбонатов в исследованных глинистых осадках 22—30% (CaCO_3), углерода органического вещества 0,8—1,7%. Распределение в этих осадках обменных катионов и химических элементов поровых растворов дает новое для понимания их диагенеза.

Интересны изменения в составе обменных катионов в стратиграфической колонке отложений Каспия и предшествовавших ему бассейнов. Как видно из табл. 1, в четвертичных осадках Каспия преобладающим обменным катионом является магний, из чего можно заключить, что этот элемент играл важную роль в геохимии воды бассейна четвертичного времени, в котором отлагались эти осадки, как и в воде современного Каспия.

В плиоценовых отложениях количество поглощенного магния резко падает и уступает место натрию и кальцию, причем натрий в сумме с калием становится преобладающим обменным катионом осадков.

Такое распределение обменных катионов в глинистых осадках Каспия сопровождается образованием в них аутигенного алюмосиликата магния игольчатой формы, вероятно, группы палыгорскита, рассеянного среди гидрослюды терригенного происхождения, установленного электрономикроскопически Д. Д. Котельниковым (Институт геологических наук АН СССР). Аутигенный силикат магния присутствует по всей колонке изученных осадков, но количество его увеличивается вместе с возрастом осадков, т. е. с их диагенезом, и вызывает, вероятно, уменьшение содержания магния в обменных катионах осадков апшеронского яруса*.

* Mg-силикаты как диагенетические минералы известны в отложениях Русской платформы и других районах⁽²⁾.

Характеристика глинистых осадков и поровых вод Южного Каспия (Бакинский архипелаг)*

Характеристика осадка										Характеристика порового раствора																																
№ образца	№ скважины	Глубина от дна, м	M. (n)	Фракция < 10 м, %	CaCO ₃ , %	Cорг., %	Естественная влажность, %	Гипсокопническая влажность, %	Обменные катионы				мг-экв. на 100 г						мг-экв. в 1 л						Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ + Ca ²⁺										
									Емкость обмена	Na ⁺ + K ⁺		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺ + K ⁺	Cl ⁻	Na ⁺ + K ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻									Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺ + Ca ²⁺
										Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺																															
Вода Каспийского моря																																										
Осадки новокаспийские (Q ₁) (банка Макарова)																																										
152	13	15-17	5,91	74,4	30,01	29,3	1,37	9,6	2,6	5,8	1,2	1,53	1,53	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
157	17	25	3,7	95,5	33,61	30,9	1,67	10,9	2,9	5,3	2,6	0,96	0,96	143,6	52,1	8,3	9,7	24,4	190	449	7,68	7,72	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
158	23	34	4,0	88,9	32,21	29,9	1,62	9,3	4,6	4,9	2,7	1,14	1,14	143,6	52,1	8,3	9,7	24,4	190	449	7,46	7,86	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
159	34	41	4,8	76,3	18,0	18,4	21,2	1,65	11,8	6,3	2,8	1,15	1,15	143,6	52,1	8,3	9,7	24,4	190	449	7,86	7,86	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
Осадки древнечетвертичные (Q ₂ ^{бз} + Q ₃ ^{бв}) (банка Погорелая плита)																																										
Среднее			4,4	83,9	28,5	1,1	27,8	1,58	10,4	2,5	5,6	2,3	1,2	1,2	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
87	201	1-18	5,4	71,6	25,4	1,2	26,9	2,43	17,1	9,0	2,5	1,11	1,11	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
88	18-24	4,3	85,3	25,8	1,2	26,1	2,58	21,8	6,3	6,4	9,1	0,41	0,41	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
89	24-27	3,7	35,8	25,7	1,2	25,8	3,31	25,4	7,9	9,8	7,7	0,43	0,43	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
141	205	28-38	3,6	94,5	22,7	1,7	36,3	2,38	16,8	5,6	6,5	4,7	0,43	0,43	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
142	205	38-58	3,6	96,5	29,5	1,6	34,3	2,76	19,3	9,3	5,1	0,93	0,93	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32										
Среднее			4,1	88,7	26,0	1,3	29,9	2,63	20,1	6,1	8,2	5,8	0,74	0,74	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
Осадки верхнего плиоцена (N ₂) (банка Погорелая плита)																																										
90	202	4-9	1,2	87,0	26,5	1,1	21,9	1,94	19,7	7,9	3,8	8,0	0,24	0,24	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
91	9-16	4,2	86,4	25,3	1,1	21,6	2,28	20,6	12,0	2,5	5,5	5,5	0,16	0,16	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
92	16-24	4,7	78,6	26,3	1,1	13,3	2,16	17,3	9,7	3,2	4,4	3,4	0,33	0,33	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
144	206	21-27	3,9	90,6	27,6	1,4	20,5	2,64	16,4	10,4	3,0	3,0	0,22	0,22	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
139	30-36	4,8	77,2	21,9	1,1	20,4	2,30	13,6	5,0	3,3	5,3	5,3	0,32	0,32	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									
Среднее			4,4	84,0	25,5	1,2	20,1	2,26	17,4	9,0	3,2	5,2	0,23	0,23	143,6	52,8	20,6	3,4	62,0	152	215	215	87	21,0	8,7	8,3	52,1	164	0,86	1,44	1,29	2,4	0,32									

* Материал любезно предоставлен Академией наук Азербайджанской Республики и Министерством нефтяной промышленности Азербайджанской Республики.
 ** Расчет естественной влажности на сухой осадок.

Сравнительное рассмотрение химического состава поровых вод в осадках Каспийского моря и его воды, данные о котором приведены в табл. 1, дает возможность установить некоторые черты диагенеза этих осадков и вместе с тем их истории.

Наиболее молодые из рассматриваемых отложений — новокаспийские осадки банки Макарова, изученные нами на глубине от 15 до 40 м от дна моря, содержат довольно однообразные по химическому составу поровые воды, относящиеся к хлорид-магниевому-натриевому типу и весьма близкие по составу к воде современного Каспийского моря. Поровые воды новокаспийских отложений, как и вода современного Каспия, имеют относительно повышенное содержание ионов SO_4^{2-} и Mg^{2+} по сравнению с водой океана: вероятно, вода того замкнутого бассейна, в котором отлагались эти осадки, была сходна с водой Каспийского моря; несколько же повышенная минерализация этих поровых вод происходит за счет концентрирования их внутри осадков при раннем диагенезе. Характеризуя поровые воды новокаспийского яруса, необходимо отметить, что при небольшой влажности вмещающих их отложений и, следовательно, при тесном соприкосновении поровой воды с глинистым веществом, эти поровые воды все же почти не изменились со времени захоронения в осадке и сохранили химический тип воды своего бассейна. По высокому содержанию SO_4^{2-} в поровых водах новокаспийских осадков нужно допустить присутствие в них свободного кислорода и, следовательно, окислительную геохимическую обстановку, что, вероятно, связано, с преобладанием в этом районе за последние тысячелетия восходящих колебательных движений земной коры.

Глинистая толща древнечетвертичных и плиоценовых отложений банки Погорелая плита, из которой мы располагали материалом с глубины от 4 до 58 м от дна моря, характеризуется совершенно иным, чем новокаспийские, типом поровых вод, которые равномерно пропитывают всю толщу этих осадков. Как видно из табл. 1, эти поровые воды относятся к рассолам

Таблица 2

Рассеянные элементы в воде Каспийского моря и поровых водах новокаспийских, древнечетвертичных и плиоценовых осадков

Вода	Рассеянные элементы
Вода Каспия, поровые воды новокаспийских, древнечетвертичных и плиоценовых осадков	Br, Sr, B, Si, Al, Fe, Mn, Ti, Cu
Вода Каспия	Cr, Ni
Поровые воды новокаспийских осадков	Sn, Mo
» » древнечетвертичных осадков	Cr, Pb, Ag
» » апшеронских осадков	Cr, Pb

хлорид-щелочноземельно-натриевого типа, в которых почти отсутствует HCO_3^- и низкое содержание SO_4^{2-} . Рассолы этого типа широко распространены как пластовые воды в осадочных породах. Новый факт обнаружения их в качестве поровых вод в плотных глинистых осадках четвертичного и плиоценового возраста подтверждает происхождение этих подземных вод как морской воды, удержанной осадками при их отложении и затем метаморфизованной при их диагенезе путем концентрирования вод, микробиологической десульфатизации их и катионного обмена между раствором и мицеллами глинистых минералов с десорбцией кальция в поровый раствор.

Низкая величина pH поровых вод этих осадков составляет их характерный признак и может быть объяснена как следствие катионного обмена между натрием поровых рассолов и поглощенными катионами осадка, представленными двухвалентными металлами, имеющими свойства слабых основа-

ний, как, например, железом, марганцем и др. В поровом растворе, отделенном от осадка, эти катионы легко окисляются в высшие формы валентности, и соединения их подвергаются гидролизу и рН раствора сильно понижается.

Состав рассеянных элементов в природных водах, и, в частности, в поровых растворах, еще мало изучен. В табл. 2 приводится состав рассеянных элементов поровых вод изученных нами глинистых отложений и воды Каспия, установленный спектральным анализом в Институте геохимии и минералогии АН СССР.

Для поровых вод, так же как и для воды Каспийского моря, характерны первые девять элементов, приведенные в табл. 2, причем наибольшее содержание брома и стронция.

Отношения $\frac{\text{Cl}}{\text{Br}}$, $\frac{\text{Cl}}{\text{B}}$ и $\frac{\text{Cl}}{\text{Sr}}$ в поровых водах отдельных стратиграфических горизонтов осадков и в воде Каспия, по нашим примерным подсчетам, приведены в табл. 3. Из табл. 3 видно, что в древних (древнечетвертичных и апшеронских)

поровых водах относительно содержание брома больше, чем в воде океана и Каспия. Что касается стронция, то этот элемент сильно обогащен в воде Каспия и в поровых водах по сравнению с водой океана, причем наибольшая его концентрация наблюдается в поровых водах четвертичных отложений Каспийского бассейна.

Остальные из указанных рассеянных элементов содержатся в поровых водах в меньших количествах, чем бром и стронций.

Примерные подсчеты показывают, что накопление кремния и особенно алюминия и бора в поровых водах по сравнению с водой Каспийского моря происходит в новокаспийских осадках; в более древних поровых водах этих элементов меньше; вероятно, алюминий и кремний выпадают из раствора при образовании аутигенных алюмосиликатов.

Поведение железа, марганца и титана имеет общие черты: эти элементы содержатся в большем количестве в поровых водах по сравнению с водой Каспийского моря. Вероятно, железо и марганец переходят в раствор при катионном обмене, как упоминалось выше.

Медь является характерным рассеянным элементом в природных водах. В воде Каспийского моря и в поровых водах осадков происходит значительное обогащение этим металлом по сравнению с водой океана.

Молибден установлен в воде Каспия и в значительно большем количестве в поровых водах новокаспийских отложений. Вероятно, его присутствие связано с грязевыми вулканами Апшеронского полуострова, в водах которых он также установлен.

Лаборатория гидрогеологических проблем
им. Ф. П. Саваренского
Академии наук СССР

Поступило
24 II 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. А. Крюков, Н. А. Комарова, Сборн. докл. 6 Междунар. конгр. почвоведов. Химия почв, 1956, стр. 149—169. ² М. А. Ратеев, Д. Д. Котельников, ДАН, 109, № 1 (1956). ³ И. Н. Сысоев, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 1953. ⁴ Н. В. Тареева, М. М. Тихомирова, ДАН, 112, № 3 (1957).
B. Kullenberg Swensk. Hydrob. Komm. Skr., s. 3, 1, 1947.

И. И. КИТАЙГОРОДСКИЙ и В. А. БЛИНОВ

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХТОНКОГО ПЛЕНОЧНОГО СТЕКЛА И ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 24 IV 1958)

За последнее время в литературе появились данные о получении сверхтонкого пленочного стекла. Стивелс в 1946 г. ⁽¹⁾ предложил метод получения чешуйчатого стекла. Пленки стекла он получал вытягиванием расплавленного стекла сквозь щель шириной 4 мм и длиной 100 мм. На обоих концах щель заканчивается круглыми отверстиями диаметром до 10 мм. Стекло вытягивали через гантелеобразную щель, как перепону, подвешенную между двумя прутьями. После охлаждения стекла прутья удалялись при помощи резания. Этот метод не дает возможности получить непрерывную стеклянную пленку. В 1949 г. Слейтером и Сноу ⁽²⁾ был взят патент на изготовление сверхтонкого стекла методом расплющивания стеклянного тонкостенного цилиндра, при прохождении его между валиками.

В работе ⁽³⁾ сообщалось о получении гибкой непрерывной ленты стекла шириной от 6,4 до 150 мм, равномерной толщиной от 500 до 15 μ из стекла состава корнинг № 8871, обладающего сравнительно хорошими электрофизическими свойствами, однако ни способа получения, ни состава стекла не приводилось.

Полученные пленки стекла рекомендуется использовать для получения искусственной слюды, конденсаторов, покровных стекол и других целей.

На кафедре технологии стекла Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева, начиная с 1955 г., нами были начаты поисковые работы по организации непрерывного производства сверхтонких стеклянных пленок в виде бесконечной ленты. Вначале были опробованы методы, описанные в литературе.

Для получения сверхтонкого пленочного стекла нами был выбран метод вытягивания расплавленной стекломассы вертикально вниз, получивший широкое распространение в производстве стеклянного волокна. В керамическую или платиновую лодочку, помещенную в электропечь, загружался стеклянный бой, который плавился при температуре 1200—1350° (рис. 1). В дне лодочки имелась щель шириной 4—5 мм и длиной 100—150 мм. Питание печи стеклом производилось через вертикальный канал, проходящий через свод печи. Уровень стекломассы в лодочке поддерживался за счет непрерывной загрузки стеклянных шариков. Стекломасса под давлением собственного веса вытекает из лодочки сквозь щель в виде ленты, которая наматывается на барабан с различной скоростью, в зависимости от заданной

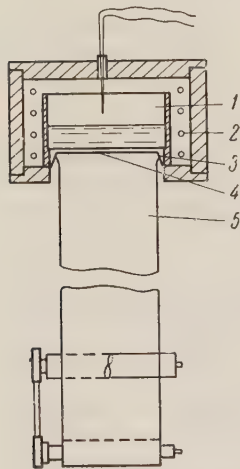


Рис. 1. Схема производства сверхтонкого пленочного стекла. 1 — лодочка, 2 — силовые стержни, 3 — бортодержатели, 4 — щель, 5 — лента стекла

толщины. Для предотвращения сужения ленты нами использовались керамические бортодержатели: стекло прилипало к керамическому бортику и удерживало ленту стекла от сужения по мере ее вытягивания из щели.

Тонкая, гибкая непрерывная лента стекла была получена шириной от 2 до 100 мм, длиной в несколько десятков метров и равномерной толщиной от 5 до 50 м. Такие размеры нам были необходимы для дальнейших экспериментальных работ. Не исключается возможность получения ленты и других размеров. Гибкость ленты определяется ее сверхтонкостью. Электрофизические свойства ленты стекла те же самые, что и свойства стекла, из которого она изготовлена.

Большое значение при вытягивании сверхтонкого пленочного стекла имеет состав стекла. Стекла должны обладать отличными технологическими и электрофизическими свойствами. Технологические условия должны обеспечить необходимые параметры для формовки ленты, а электрофизические — свойства, обязательные для диэлектриков.

Сверхтонкие пленки были получены из стекла, составы и свойства которых приводятся в табл. 1.

Составы и свойства стекол

Таблица 1

Марка стекла	Химический состав, вес. %								Темп. нач. размягч., °С	Коэф. расширения $\times 10^{-7}$	tg угла диэлектр. потерь	Уд вес, г/см ³
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	PbO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	BaO				
ЗС-5	66,9	20,3	3,5	—	5,4	3,9	—	—	575	49	$40 \cdot 10^{-4}$	2,29
ЗС-4	55,3	—	1,7	30	9,2	3,8	—	—	490	88	$20 \cdot 10^{-4}$	3,05
4	47	—	2	29	9,2	3,8	9	—	470	91	$10,4 \cdot 10^{-4}$	3,20
37	32	—	2	29	9,2	3,8	9	15	465	110	$8,9 \cdot 10^{-4}$	3,66

Полученная пленка стекла являлась полупродуктом для получения искусственной слюды — слоевого стекла и для производства стеклянных конденсаторов.

При изготовлении искусственной слюды нами было использовано свойство прилипания пластинок, сложенных вместе. Стеклянные пленки толщиной от 5 до 10 м собирали в пакет определенной толщины и увлажняли этот пакет. Влажной, эластичной пластинке можно придать любую форму. Когда пластинка подсохнет, она все еще деформируется. Для придания ей конечной формы ее высушивали в сушильном шкафу при температуре 80°. Для большей прочности применяли небольшое давление (порядка 20 кг/см²). Большее давление может привести к разрушению пластинки. Сравнение свойств искусственной слюды, полученной из стекол ЗС-4 и ЗС-5 и натуральной слюды, приведено в табл. 2.

Таблица 2

	Искусственная слюда	Слюда
Уд. объемное сопротивление, ом·см	$10^{14}—10^{15}$	$10^{14}—10^{15}$
Тангенс угла диэлектрических потерь (при частоте 1 Мгц)	$20 \cdot 10^{-4}—40 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Диэлектрическая проницаемость	6—8	6

Изменяя составы стекол, можно получить искусственную слюду с заранее заданными свойствами. Диэлектрическую проницаемость искусствен-

ной слюды можно таким способом изменять от 4 до 16. Применяя стекла с высокой температурой размягчения, можно повысить температурную устойчивость получаемой слюды.

Пленку с толщиной от 20 до 50 μ мы использовали для изготовления стеклянных конденсаторов. В настоящее время для изготовления конденсаторов используется конденсаторная слюда — весьма дорогой материал. Стекло как диэлектрик конденсатора в настоящее время практически не используется. Для изготовления конденсаторов мы применяли стеклянную ленту из стекла ЗС-4, ЗС-5, № 7, № 37. Из стеклянной ленты собирался пакет, состоящий попеременно из пластинок стекла и медных обкладок. Собранный пакет помещался в печь и нагревался до температуры размягчения стекла (500—600°). Стеклянные ленты при этом плотно сплавлялись с медными обкладками и образовывали монолитный, стеклянный конденсатор. Технологический процесс изготовления стеклянных конденсаторов значительно легче механизировать, чем производство слюдяных конденсаторов.

Полученные нами стеклянные конденсаторы обладают рядом ценных свойств. Они: 1) имеют высокую емкость на единицу объема, 2) влагостойки, 3) температуростойки, 4) имеют жестко скрепленные электроды. Можно получить стеклянные конденсаторы с заданными свойствами.

Поступило
23 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ J. M. Stevels, Glass Ind., 27, № 12 (1946). ² Pat. № 2457785, Glass. Ind. (30) 2 (1949). ³ B. T. J. Thompson, J. Am. Ceram. Soc., № 8 (1952).

Б. А. АНДРЕЕВ

СТРУКТУРНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЗОНЫ И ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 23 IV 1958)

В 1946 г. С. С. Смирнов ⁽¹⁾ дал описание Тихоокеанского рудного пояса и выделил в его пределах две структурно-металлогенические зоны:

- 1) внешнюю — континентальную, характеризующуюся кислым магматическим комплексом и развитием оловянно-вольфрамового оруденения;
- 2) внутреннюю — океаническую, характеризующуюся более основным магматическим комплексом и развитием медного оруденения.

Различие этих зон С. С. Смирнов ставил в связь с особенностями их глубинного строения, именно со значительным уменьшением мощности верхнего сиалического слоя земной коры при переходе от континента к океану.

Уменьшение мощности более легкого сиалического слоя на границе континента и океана является причиной очень резкого изменения характера гравитационного поля: над континентом обычно наблюдаются близкие к нулю или отрицательные, а над океаном — весьма интенсивные (сотни миллигал) положительные аномалии Буге. Это дает надежду на возможность подтверждения и развития указанной выше идеи С. С. Смирнова путем использования геофизических (гравитационных) данных. Первым шагом на этом пути должно явиться установление характера региональных гравитационных аномалий для различных металлогенических зон в пределах как Тихоокеанского рудного пояса, так и других рудных провинций мезо-кайнозойского возраста, в пределах которых особенно отчетливо проявляется зональность тектоно-магматического режима и зональность гравитационного поля. При этом целесообразно для характеристики типа металлогенических зон не ограничиваться указанными С. С. Смирновым двумя элементами, а принять предложенный В. К. Чайковским ⁽²⁾ перечень металлов по степени повышения кислотности их родоначальных магматических источников: хром, никель, медь, золото и серебро, колчеданные свинец — цинк, ртуть («мезократовое» оруденение); свинец — цинк (жильные), молибден, вольфрам, олово («лейкократовое» оруденение).

Анализ имеющихся данных гравитационных съемок показывает, что ряд металлогенических зон с оруденением «мезократового» типа действительно характеризуется интенсивными положительными аномалиями Буге, т. е. и относительно малой мощностью сиалического слоя, например:

1. Внутренняя и внешняя области геосинклинали главных японских островов, выделенные Шнейдергеном ⁽³⁾ и характеризующиеся золото-серебряным и медным оруденением. На гравитационной карте Японии ⁽⁴⁾ им соответствуют зоны положительных аномалий Буге, увеличивающихся по величине в сторону Японского моря и Тихого океана и достигающих в прибрежной зоне 100—190 мгал.

2. О. Ява (Индонезия) с его месторождениями меди, золота, ртути ⁽⁵⁾ характеризуется положительными аномалиями Буге, интенсивность которых на побережье Индийского океана достигает 100 мгал ⁽⁶⁾.

3. О. Куба (Вест-Индия) с его месторождениями хромитов и меди ⁽⁷⁾

характеризуется положительными аномалиями Буге, интенсивность которых на юго-восточном побережье достигает $+160$ мгл⁽⁸⁾.

4. О. Кипр (Средиземноморская геосинклиналь) с его богатыми медными месторождениями⁽⁷⁾ расположен в обширной области высоких положительных аномалий Буге, занимающей всю восточную часть Средиземного моря. На территории острова аномалии достигают по интенсивности $100-150$ мгл⁽⁹⁾.

С другой стороны, ряд металлогенических зон с оруденением «лейкократового» типа оказывается связанным с зонами относительно пониженных — близких к нулю или отрицательных аномалий Буге, т. е. характеризуется относительно большой мощностью сиалического слоя, например:

1) Срединная зона геосинклинали главных японских островов, выделенная Шнейдергеном⁽³⁾, расположенная между указанными выше внешней и внутренней зонами и характеризующаяся интрузиями гранитоидов и связанными с ними небольшими оловянно-вольфрамовыми месторождениями. На гравитационной карте ей соответствует область близких к нулю или отрицательных (до -70 мгл) аномалий Буге⁽⁴⁾.

2) Районы крупнейших оловянно-вольфрамовых месторождений юго-восточного Китая — Южный Цзянси и Южная Хунань⁽¹⁰⁾ тяготеют к области, характеризующейся развитием отрицательных аномалий Буге, достигающих, судя по имеющимся здесь редким маятниковым пунктам, интенсивности порядка -100 мгл⁽¹¹⁾.

3) Крупнейшие оловорудные месторождения Боливии расположены в районе Центральных Кордильер⁽⁷⁾, характеризующимся интенсивными отрицательными (до -200 мгл) аномалиями Буге⁽¹²⁾.

4) В США районы весьма крупных месторождений Клаймакс (молибден) и Баулдер (вольфрам) также расположены в центральной части Кордильер⁽⁷⁾ и также характеризуются интенсивными отрицательными (ниже -200 мгл) аномалиями Буге⁽¹³⁾.

Приведенные примеры показывают, что имеющиеся данные гравитационных съемок подтверждают высказанную С. С. Смирновым идею о том, что различие характера эндогенной минерализации во внешней и внутренней зонах Тихоокеанского рудного пояса стоит в связи с различной мощностью сиалического слоя земной коры. Переход от внешней зоны к внутренней характеризуется увеличением интенсивности регионального гравитационного поля на $100-200$ мгл и более и, следовательно, всегда может быть отмечен по данным гравитационной съемки. Это может, по-видимому, иметь практическое значение для металлогенического районирования Тихоокеанского пояса и других рудных областей мезо-кайнозойского возраста, поскольку как это наглядно видно хотя бы на примере Японской геосинклинали, граница металлогенических зон не связана непосредственно с береговой линией и имеет в некоторых случаях сложную конфигурацию. Не исключена возможность, что в подобных случаях использование гравитационных данных, а также глубинного сейсмического зондирования в комплексе геологических исследований могло бы способствовать как уточнению границ уже известных, так и обнаружению новых металлогенических зон.

Ленинградский горный институт
им. Г. В. Плеханова

Поступило
17 I 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. С. Смирнов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 2 (1946). ² В. К. Чайковский, Сов. геол., сборн. 50 (1956). ³ H. Schneiderhöhn, Lehrbuch der Erzlagergestättenkunde, 1941. ⁴ Ch. Tsubai, A. Jitsukawa, H. Tajima, Proc. Japan Acad., 29, №№ 6, 7, 9, 10 (1953). ⁵ Е. И. Маркова, Е. В. Орлова, Минеральные ресурсы Индонезии, Малайи и Таиланда, 1956. ⁶ P. Lejeu, C. R., 200, № 8 (1935). ⁷ А. М. Бэтман, Промышленные минеральные месторождения, ИЛ, 1949. ⁸ L. Schurbet, L. Worzel, Bull. Geol. Soc. Am., 68, № 1 (1957). ⁹ J. W. De Bruyn, Geophys. Prosp., 3, № 1 (1955). ¹⁰ Хуан Боцинъ, Основные черты тектонического строения Китая, ИЛ, 1952. ¹¹ P. Lejeu, Chang Hung Chi, C. R., 206, № 10 (1938). ¹² Е. Н. Люстих, Изв. АН СССР, сер. геофиз., 5 (1954). ¹³ L. Logue, Oil and Gas J., 52, № 50 (1954).

Ю. М. ВАСИЛЬЕВ, А. А. ЗВЯГЕЛЬСКИЙ и С. Л. ПОДГОРБУНСКИЙ

ЧЕЛКАРСКИЙ СОЛЯНОЙ МАССИВ В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 26 IV 1958)

Уже издавна внимание многочисленных исследователей привлекали к себе крупные соляные массивы, встречающиеся в Прикаспийской впадине. Особый интерес к ним вызван не только их гигантскими размерами, которыми они резко выделяются среди сотен обычных солянокупольных структур, но и связанным с ними своеобразным комплексом полезных ископаемых. К числу таких массивов относятся Индерский, Баскунчакский, Эльтонский и другие.

К настоящему времени все перечисленные структуры в значительной степени разбурены и довольно хорошо изучены. Лишь один Челкарский соляной массив, открытый гравиметрическими съемками еще в 1932 г., до сих пор оставался неисследованным.

Только с 1952 г. начинается планомерное изучение Челкарского соляного массива. Здесь были проведены поисково-съемочные и сейсмические работы, были выполнены значительные объемы картировочного бурения. В результате этих исследований получен новый обширный материал, позволяющий выснить основные черты геологического строения Челкарского соляного массива.

Челкарский соляной массив располагается в 85 км юго-восточнее г. Уральска. В рельефе этому массиву соответствует гора Сасай, четко возвышающаяся над окружающей равниной к югу от оз. Челкар. Гравиметрическими съемками здесь отмечается исключительно интенсивный обширный минимум силы тяжести, равного которому в Прикаспии нет ни одного минимума.

Первое, что обращает на себя внимание при изучении Челкарского соляного массива,— это исключительно большие размеры названной структуры. Площадь, занимаемая этим соляным гигантом, превышает 4600 км². Длина его больше 80 км, ширина равна 60 км. Другими словами, Челкарский соляной массив в 80—100 раз больше нормального соляного купола, типичного для Прикаспийской солянокупольной области.

Ядро Челкарского массива сложено мощной соленосной толщей кунгурского возраста. Здесь прежде всего обнаруживается бледно-голубая, желтоватая или светло-серая каменная соль. Соль либо массивная, либо средне- и крупнокристаллическая. Местами соль загрязнена песком или глинистым материалом, местами в соли встречаются прослои ангидритов. Основная масса соляного ядра представлена галитом. Однако в соленосной толще довольно часто встречаются прослои и линзы розового с оранжевыми пятнами сильвинита.

Соляное ядро на своде покрыто каменной шляпой, отличающейся значительной мощностью. Мощность каменной шляпы измеряется здесь 100—150 м, а местами достигает даже 200 м. Образован кэпрок белыми и светло-серыми гипсами, голубоватым ангидритом и темно-серыми глинами. Из-

редка встречаются линзы известняков и доломитов. Вся эта толща в значительной степени перемята, а местами превращена в брекчию.

Поверхность каменной шляпы не является ровной. Она состоит из целого ряда депрессий и выступов. Причем амплитуда рельефа соляного ядра весьма значительная: положительные формы возвышаются над днищами депрессий на 30—40 м, а в отдельных местах даже на 75—80 м.

Некоторые из депрессий часто выполнены красновато-бурыми, часто песчанистыми, известковистыми глинами, среди которых встречаются прослои известняка. На основании изучения извлеченного из этой серии комплекса спор и пыльцы возраст ее определяется как верхнепермский — триасовый.

В сводовой части соляного массива непосредственно на кэпроке или на пермо-триасе, где он сохранился от размыва, с резким несогласием залегает средняя юра. Представлена она серыми и зеленовато-серыми песчанистыми глинами, мелкозернистыми кварцево-глауконитовыми глинистыми песками и алевролитами. Мощность среднеюрского комплекса на своде массива крайне непостоянна. Она изменяется в пределах от 0 до 180 м. Наибольшей мощности средняя юра достигает там, где она выполняет депрессии соляного ложа. На выступах мощность заметно сокращается, а местами средняя юра вообще отсутствует, и непосредственно на кэпроке залегают верхнеплиоценовые отложения.

На крыльях соляного массива мощность средней юры увеличивается и появляются отложения меловой системы. Возможно, что на дальних, наиболее погруженных крыльях появляются также отложения нижней юры и палеогена.

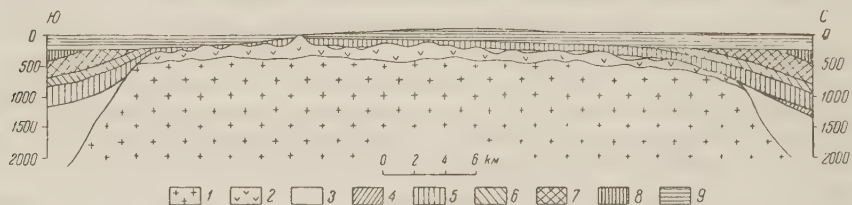


Рис 1. Схематический геологический разрез Челкарского соляного массива (по данным сейсмики и картировочного бурения). 1 — соленосная толща кунгура, 2 — каменная шляпа (кэпрок), 3 — верхняя пермь — триас, 4 — нижняя юра, 5 — средняя юра, 6 — верхняя юра, 7 — нижний мел, 8 — верхний мел, 9 — верхний плиоцен — четвертичные отложения

Последним элементом разреза являются рыхлые песчано-глинистые осадки верхнего плиоцена и четвертичной системы. Плиоценово-четвертичный покров с резким несогласием перекрывает отложения самого различного возраста: местами он залегает непосредственно на кунгуре или на средней юре, а на крыльях соляного массива — на отложениях верхней юры или мела.

Общее представление о тектоническом строении Челкарского соляного массива дает геологический профиль, изображенный на рис. 1. Этот профиль построен на основании анализа геофизических материалов, главным образом сейсмики, с учетом разрезов тех скважин, которые на сегодня пробурены в сводовой части соляного массива.

Из этого профиля видно, что Челкарский соляной массив имеет обширный плоский свод, ширина которого в среднем равна 30—40 км. Поверхность свода неровная, она изрезана большим числом депрессий и выступов. Крылья соляного массива крутые, здесь соль быстро погружается на значительную глубину. На своде мощность надсолевого покрова невелика, разрез резко сокращенный, из него выпадает ряд горизонтов, объем которых нередко измеряется отделом или даже целой системой. От свода к крыльям

разрез все более и более восполняется, мощность надсолевой серии резко возрастает.

Характерной особенностью Челкарского соляного массива является неглубокое залегание соляного ядра. На южном берегу озера Челкар близ пос. Сасай гипсово-ангидритовая толща кэпрока вскрывается под пермотриасом на глубине всего лишь нескольких метров и даже выходит на поверхность. Далее к югу на значительной площади, соответствующей своду соляного массива, кэпрок вскрывается скважинами и отбивается по сейсмограммам в интервале 100—200 м. И только на дальних крыльях соляного массива, судя по данным сейсмических исследований, кровля соли быстро погружается на глубину 1500—2000 м. Не исключено, что в надсолевой толще на своде и крыльях Челкарского массива имеются сбросовые нарушения. Однако имеющийся в наличии фактический материал уверенно устанавливать их пока не позволяет.

Изучение и сопоставление разрезов дает возможность установить основные черты истории геологического развития Челкарского соляного массива в мезо-кайнозое. Наиболее характерной особенностью являются неоднократные проявления восходящих тектонических движений, отличающихся, судя по выпадению из разреза целых стратиграфических комплексов, значительной интенсивностью и большой продолжительностью. Так, например, среднеюрской абразией на своде соляного массива была уничтожена толща перми и триаса. Причем не исключена возможность, что в среднем триасе осадконакопление вообще не происходило. Среднеюрская трансгрессия не ограничилась разрушением только верхней перми и триаса, в ряде мест она, несомненно, размывала также осадки кунгура. По аналогии с соседними районами Прикаспийской солянокупольной области можно предполагать наличие таких же процессов несколько меньшей силы в неокоме, туроне, палеогене. Миоцен является временем крупнейшего перерыва в осадконакоплении, а плиоцен — временем наиболее глубокой абразии. Эта абразия была настолько глубокой, что верхний плиоцен на обширной площади оказался залегающим непосредственно на средней юре и даже на кунгуре. Следовательно, в течение длительного периода, особенно в предакчагыльское время, существовали условия для размыва соляного ядра Челкарского соляного массива, для образования на значительной площади мощной каменной шляпы и для концентрации в ней значительных количеств труднорастворимых солей.

Московский нефтяной институт
им. И. М. Губкина

Поступило
21 IV 1958

В. Н. КОРЦЕНШТЕЙН
К ВОПРОСУ О ГЛУБИННОМ ГЕОТЕРМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ
ПРЕДКАВКАЗЬЯ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 12 IV 1958)

До последнего времени вопросы глубинного геотермического режима Предкавказья оставались совершенно неизученными, поскольку прямых геотермических замеров не производилось. Мы имеем в виду глубины, превышающие 1,5—2 км. Экстраполяция кривой изменения температуры не могла дать уверенных результатов в связи с зональным характером геотермических параметров: геотермическая ступень в вертикальном и горизонтальном направлениях колеблется в довольно значительных пределах — от нескольких метров до нескольких десятков метров на 1°C . Вот почему особую ценность представляют прямые геотермические замеры в глубоких скважинах. При этом не следует упускать из виду то обстоятельство, что несмотря на широкое развитие глубокого и сверхглубокого бурения, замеры температур проводятся довольно редко.

В данном сообщении мы остановимся на результатах замеров температур в ряде скважин Предкавказья на глубинах порядка 2—3 км, где зафиксированы особо высокие температуры, значительно превышающие 100° . В литературе по Предкавказью эти данные пока не освещены.

Западное Предкавказье. На антиклинальном поднятии Великом, расположенном в 20 км северо-западнее Белореченского (см. рис. 1), пробурена скважина № Р-5, глубина которой достигает 2426 м. В 1957 г. опытно-изыскательская партия ВНИИГАЗ произвела замеры температуры в процессе отбора глубинных проб воды на глубине 2240 м. При этом максимальный ртутный термометр показал $125,5^{\circ}$. Эти замеры, 3-кратно повторенные, показали идентичные результаты. Перед замером температуры скважины находились в покое в течение 20 суток. Температура воды на устье при самоизливе скважины (давление на устье при закрытии задвижки 6,7 атм) достигает 93° . В стратиграфическом отношении здесь вскрыты нижнепалеогеновые отложения, представленные песчаниками хорошей проницаемости. Дебит самоизливающейся воды с температурой 93° достигает $275\text{ м}^3/\text{сутки}$. Воды отличаются высокой насыщенностью углеводородными газами общей упругостью порядка 120 ат.

Центральное Предкавказье (табл. 1). По этому району наибольший интерес представляют результаты замеров по трем скважинам: № Р-14 Расшеватского поднятия и №№ Р-14 и Р-15 Александровского поднятия (рис. 1). Здесь, наряду с замерами температур максимальными термометрами, имеются данные замеров электротермометрами. Опыт сравнения результатов замеров ртутными и электротермометрами свидетельствует о том, что первые более надежны. Лишь в случае схождения результатов можно пользоваться данными замеров электротермометрами (см. табл. 1).

Восточное Предкавказье. Здесь зафиксированы наиболее высокие температуры, известные в Предкавказье. Важнейшими скважинами, в смысле достоверности фактических данных, являются скважины № Р-1 Чкаловского поднятия и №№ Р-5, Р-10 и Р-13 Прасковейского поднятия. Результаты замеров, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о том, что на глубинах 2500 м температура достигает 137° . Стратиграфически здесь охарактеризованы нижнепалеогеновые терригенные осадки и верхнемеловые известняки. Еще более высокая температура установлена в скважине № Р-12 Озек-Суатского поднятия, где, по данным треста «Грознефте-

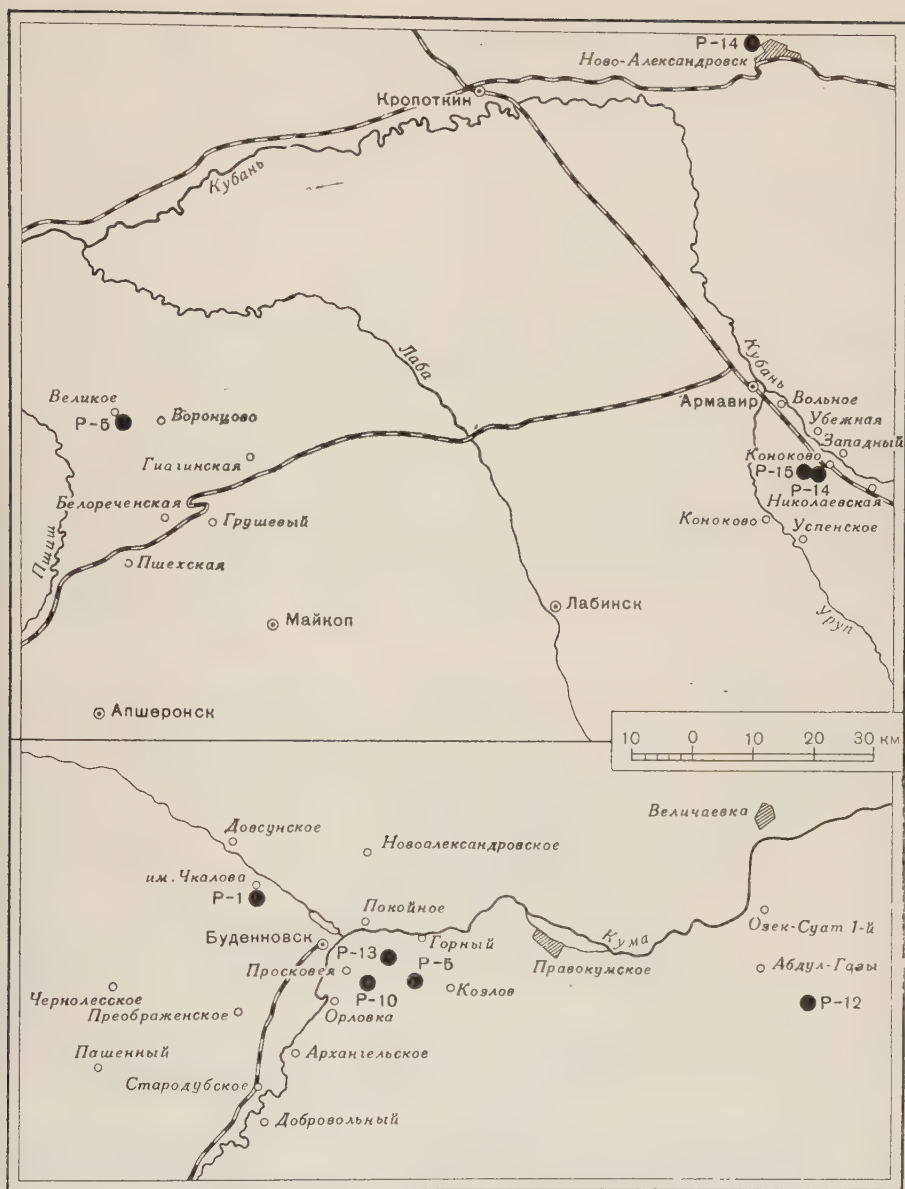


Рис. 1. Схема расположения в Предкавказье скважин, в которых зафиксирована температура недр, значительно превышающая 100°

разведка», на глубине 3440 м электротермометр показал $163,9^{\circ}$. К сожалению, отсутствуют сведения о длительности простаивания этой скважины. Не произведена также проверка показаний электротермометра ртутным, что несколько снижает ценность результатов. Следует, однако, отметить, что полученные данные вполне правдоподобны, если судить по величине геотермической ступени в скважинах Чкаловской структуры.

Некоторые общие выводы. Приведенные данные свидетельствуют о сравнительно высоких температурах недр Предкавказья на глубинах, вполне доступных разбуриванию. В пределах Западного и Восточного Предкавказья, где осадочный покров достигает мощности 4—5 км, температура недр на этих глубинах, вероятно, не ниже 200° . В связи с этим следует обратить внимание на резкий контраст между геотермическим режимом Предкавказья и платформенными районами. Так, в Татарии и Башки-

Таблица 1

Антиклинальное поднятие	№ скважины	Глубина замера темп., м	Температура, °С		Время нахожд. скваж. в покое, суток	Дата замера
			ртутн. терм.	электро-терм.		
Расшеватское	P-14	1470	—	111	20	31 V 1954 г.
Александровское	P-14	1895	112	—	5	14 XI 1956 г.
Александровское	P-15	1610	103	—	5	18 I 1957 г.

Таблица 2

Антиклинальное поднятие	№ скважины	Глубина замера темп., м	Температура, °С		Время нахожд. скваж. в покое, суток	Дата замера
			ртутн. терм.	электро-терм.		
Чкаловское	P-1	2263	—	137	15	13 II 1956 г.
Чкаловское	P-1	2353	131,0	—	5	12 X 1955 г.
Прасковейское	P-5	2555	—	123,3	15	22 III 1957 г.
Прасковейское	P-10	2500	136,2	—	5	12 VII 1957 г.
Прасковейское	P-13	2459	134,8	—	10	28 II 1958 г.
Озек-Суат	P-12	3440	—	163,9	нет данных	16 XII 1955 г.

рии на глубинах 1,5—2 км температура не превышает 40—50°, в то время как в Предкавказье на тех же глубинах она примерно в 3 раза выше.

Мы полагаем, что наряду с основной причиной такого резкого различия в геотермическом режиме, связанной с различным уровнем залегания расплавленного субстрата в пределах платформы и ее обрамляющих геосинклиналях, имеется еще одно весьма важное обстоятельство, существенно влияющее на характер геотермической зональности. Мы имеем в виду гидрогеологические и геотектонические условия. Последние в ряде случаев способствуют переносу тепла движущимися подземными водами из глубоких депрессий в сторону поднятий, что создает в них температуры, обычно несвойственные этим глубинам. Другими словами, без роли воды в качестве разносчика тепла депрессий, недоступных в настоящее время разбуриванию, не отмечался бы рассматриваемый выше эффект. Все это свидетельствует о важной роли водонапорной системы в формировании геотермического режима недр ⁽¹⁾. Существенное значение имеют при этом как скорости движения подземных вод, так и общая масса их. Так, например, для ряда горизонтов Предкавказья скорости движения подземных вод исчисляются несколькими метрами в год ⁽²⁾, а местами и десятками метров, в то время как в упомянутых выше районах Татарии и Башкирии скорости движения подземных вод не превышают порядка нескольких сантиметров в год ⁽³⁾.

Представляют большой интерес сравнительно большие дебиты скважин, вскрывших высокотемпературные напорные воды в пределах Западного и Восточного Предкавказья. Эти дебиты составляют многие сотни кубических метров в сутки при температуре на устье не менее 90—95°. Для Восточного Предкавказья особо высокими напорами (20—40 ат) и дебитами отличаются меловые горизонты, для Западного Предкавказья — нижнепалеогеновые. Таким образом, перед нами практически неисчерпаемые ресурсы геотермической энергии.

Всесоюзный научно-исследовательский институт природного газа

Поступило
11 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Н. Корценштейн, ДАН, 96, № 6 (1954). ² В. Н. Корценштейн Газ. пром., № 5 (1956). ³ В. В. Ягодин, Тр. Всесоюз. нефтегаз. научн.-иссл. инст. в. 11 (1957).

Н. П. КУПРИНА

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ОЛЕДЕНЕНИИ ЗАПАДНОГО ВЕРХОЯНЬЯ

(Представлено академиком А. Л. Яншиным 26 IV 1958)

Проблема оледенения Западного Верхоянья представляет большой интерес для исследователей Восточной Сибири. Ценные материалы по этому району имеются в работах А. А. Григорьева⁽²⁾, Д. М. Колосова⁽⁴⁾, В. С. Варламова и И. П. Вышемирского⁽¹⁾ и др. Единодушное мнение указанных авторов существует только по вопросу о множественности оледенений. Характер их, распространение и возраст до настоящего времени остаются неясными.

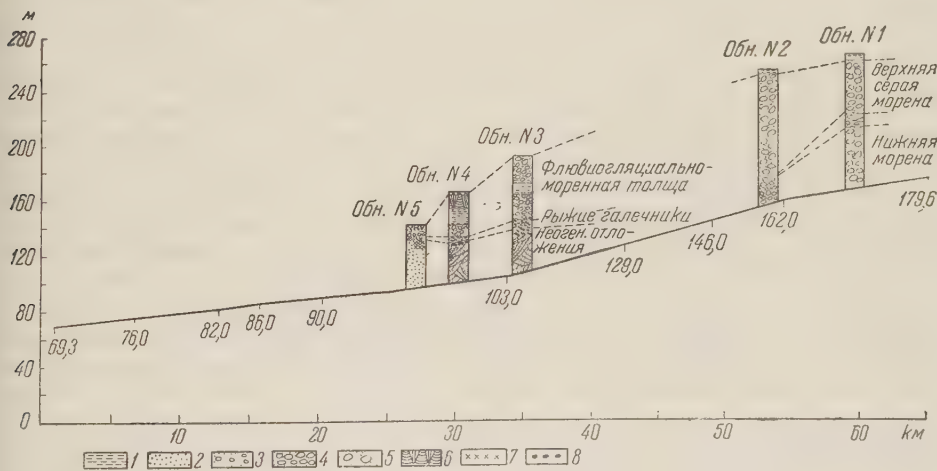


Рис. 1. Продольный профиль нижнего течения р. Тумары: 1 — суглинки, 2 — пески, 3 — галечники, 4 — флювиогляциальные отложения, 5 — морены, 6 — ископаемый лед, 7 — растительные остатки, 8 — конкреции

Одним из наиболее сложных остается вопрос о распространении древнего оледенения в предгорьях. А. А. Григорьев⁽²⁾ и Д. М. Колосов⁽⁴⁾ отмечали две конечно-моренные гряды в бассейне р. Тумары и считали, что в южных предгорьях Западного Верхоянья развиты отложения двух оледенений. В. С. Варламов и И. П. Вышемирский⁽¹⁾ достаточно убедительно показали, что обе эти конечно-моренные гряды принадлежат одному оледенению. Отсюда они сделали вывод о том, что в предгорьях было развито только одно оледенение и «наблюдается только одна, совершенно не стратифицированная моренная толща» (стр. 168).

При полевых исследованиях в 1957 г. в бассейне р. Тумары нами были получены данные, которые позволили по-новому осветить этот вопрос.

В долине р. Тумары, в 60 км выше устья, на правом берегу, в обнажении № 1 (см. рис. 1) высотой около 100 м, четко выделяются две моренные толщи, резко отличающиеся друг от друга. Нижняя морена, мощностью 40—45 м,

представлена желтовато-палевыми тонкими песками с небольшой примесью суглинистого материала и значительным количеством валунов, размером 30—60 см, редко больше. Валунуны сильно выветрелые. Мелкие обломки, присутствующие здесь в большом количестве, легко разрушаются при прикосновении. Этим, очевидно, объясняется слабая сохранность ледниковой штриховки. Вся толща (как валуны, так и вмещающий их материал) насыщена окислами железа. Для ее пород характерно отсутствие какой-либо слоистости и сортировки. В минералогическом составе тяжелой фракции резко преобладают устойчивые минералы: лейкоксен 65%, циркон 20%, ильменит 3%, рутил 5%, турмалин 4%, роговая обманка 3%.

Выше залегает 10-метровая пачка неслоистой темно-палевой супеси, заключающей существенно выветрелые валуны и отдельные линзы суглинистого материала. Состав тяжелой фракции данных отложений значительно отличается от такового нижней морены. Здесь присутствуют: лейкоксен 35—38%, ильменит 7%, гранат 11—20%, циркон 4—7%, эпидот 13—15%, сфен 6—3%, роговая обманка 4—12%, слюда 2—4%, апатит 2—5%, единичные знаки рутила, турмалина и пироксенов.

Эти отложения представляют собой сильно измененную нижнюю морену, вероятно, в какой-то мере перемытую.

Супесчаная толща перекрывается мореной светло-серого цвета, суглинистой, неслоистой, с большим количеством валунов. Валунный материал совсем свежий, в основном окатан, имеет характерную ледниковую штриховку. Часто встречаются валуны до 1,5—2 м в диаметре. Мощность морены до 40 м*.

В 7 км ниже по течению р. Тумары встречено аналогичное обнажение (№ 2). Высота его достигает 100 м. Однако соотношения здесь меняются. мощность нижней морены около 20 м, переходный слой почти не выражен, мощность верхней морены достигает 80 м.

Легкая разрушаемость валунов нижней морены и полное отсутствие в ней свежего материала дают основание полагать, что она в течение длительного времени подвергалась выветриванию на месте. Это подтверждается данными минералогического анализа состава тяжелой фракции, для которой характерно небольшое количество минералов и резкое преобладание устойчивых компонентов. Приведенные данные позволяют говорить о том, что образование нижней и верхней морены разделено значительным промежутком времени. Следовательно, их нельзя относить к одному ледниковому циклу и можно, по-видимому, считать, что в южных предгорьях Западного Верхоянья развиты отложения двух ледниковых эпох.

Ниже по течению р. Тумары нижняя морена больше нигде не встречается. Здесь широко развиты ледниковые отложения, которые по составу и сохранности валунов, минералогическому составу и условиям залегания сопоставляются с верхней серой мореной.

В обнажениях №№ 3—5, расположенных ниже по течению, вскрываются третичные и перекрывающие их четвертичные отложения. Третичные аллювиальные отложения, имеющие видимую мощность от 25 до 33 м, представлены двумя пачками. Нижняя пачка сложена косослоистыми песками светло-серого и желтовато-бурого цвета. В нижней части этой пачки преобладают тонкозернистые разности светло-серого цвета, выше в основном крупнозернистые пески, иногда встречаются суглинистые прослои. Здесь много растительных остатков, часто встречаются целые стволы деревьев. Заканчивается эта пачка прослоем сильно ожелезненных песков с лимонитовыми конкрециями. В нижней пачке найдены плоды *Juglans cinerea* L. и много шишек, из которых Ю. М. Трофимов определил шишки *Pinus monticola* Dougl. и *Pinus spinosa* Herbst.

Верхняя пачка представлена белыми среднезернистыми песками с мел-

* Состав тяжелой фракции суглинистого материала верхней морены приведен при описании обнажений №№ 3—5.

кой хорошо окатанной галькой и многочисленными растительными остатками. Здесь найдены плоды *Juglans cinerea* L., шишки *Pinus monticola* Dougl., *P. spinosa* Herbst и одна шишка *Picea obovata* Ldb. (?). Мощность верхней пачки 3 м.

Все указанные находки позволяют относить верхнюю и нижнюю пачки к миоцен—плиоцену, возможно, к плиоцену.

На неогеновых отложениях с размывом залегает слой рыжих аллювиальных галечников с крупнозернистым сильно ожелезненным песком мощностью до 5 м. Минералогический состав тяжелой фракции песков следующий: ильменит 3%, лейкоксен 10%, гранат 10%, циркон 5%, эпидот 20%, сфен 3%, слюда 7%, дистен 6%, пироксен 4%, единичные знаки рутила и ставролита; много роговой обманки (31%).

Рыжие пески и галечники и переходный слой между нижней мореной и верхней серой (обнажение № 1) близки по минералогическому составу тяжелой фракции. Это одна и та же минералогическая ассоциация. Большое количество неустойчивых компонентов в рыжих песках объясняется их аллювиальным происхождением. Таким образом, есть некоторые основания полагать, что этот аллювий образовался после отложения нижней морены и, возможно, соответствует межледниковым осадкам.

Выше залегает 30-метровая толща четвертичных флювиогляциальных и моренных отложений.

В основании толщи выделяется пачка серых валунистов и галечников, мощностью 15—17 м. Материал в основном окатан и не несет следов выветривания. Средний размер галек 5—10 см, валунов 30—40 см. Валунуны имеют ледниковую штриховку, часто утлогообразную форму. Над ними залегают тонкие супеси и суглинки, мощностью 7—8 м, иногда слоистые, местами ожелезненные. Выше лежит морена; мощность ее меняется от нескольких метров до 15—20 м. Минералогический состав тяжелой фракции всей этой толщи весьма близок. Преобладают слюды (до 67%), ильменит (от 1 до 3%), лейкоксен (до 17%), гранат (1—5%), циркон (3—6%) и эпидот (6—9%). Встречаются единичные знаки рутила, турмалина, сфена, роговой обманки и апатита.

Аналогичный минералогический состав тяжелой фракции характерен и для верхней серой морены, описанной в обнажениях №№ 1 и 2. С небольшими отклонениями здесь сохраняются и те же процентные соотношения минералов.

В некоторых местах серая морена перекрыта суглинками с ископаемыми льдами в форме клиньев — так называемые клиновидные льды⁽⁶⁾. Мощность клиньев достигает иногда 12 м.

Литологические особенности и минералогический состав флювиогляциально-моренной толщи и серой морены дают основание относить их к одному ледниковому циклу. В суглинках с клиновидными льдами, перекрывающих серую морену, найдено большое количество костей млекопитающих, относящихся к верхнепалеолитическому комплексу⁽⁴⁾. Кроме того, в самой морене, в одном из обнажений, был найден бивень *Elephas primigenius* Blum. Отсюда следует, что верхний возрастной предел серой морены — верхний лейстоцен — Q₃.

Ледниковая история южных предгорий Западного Верхоянья в настоящее время представляется следующим образом. Древнее оледенение, вероятно, имело горно-долинный характер и по своим размерам было небольшим. Во всяком случае, в изученном районе ледники не продвигались далее 30 км от гор. Возраст оледенения пока остается неясным. При сравнении с более поздними ледниковыми отложениями обращает на себя внимание значительная выветрелость нижней морены.

В петрографическом отношении состав валунов как нижней, так и верхней морен полностью соответствует верхоянскому комплексу пород. Это дает возможность считать, что оба оледенения были связаны с одним центром, от которого являлась Верхоянская горная область.

После древнего оледенения, вероятно, был период размыва, когда разрабатывались основные долины горных рек и шло накопление аллювия. Этот период сменился новым оледенением, имевшим в основном, также горно-долинный характер. В области, примыкающей к долинам рр. Алдана и Лены, были широко развиты ледники подножья, так как южные предгорья Западного Верхоянья заняты отложениями этих ледников. Оледенение имело, вероятно, несколько стадий, о чем свидетельствуют гряды конечных морен, развитые в долине р. Тумары. Для данной территории оно является максимальным. Возраст его, на основании собранных материалов и сопоставлений ледниковых отложений с террасовым аллювием Лены и Алдана, определяется как вторая половина среднего плейстоцена — верхний плейстоцен.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
19 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. С. Варламов, И. П. Вышемирский, ДАН, 109, № 1 (1956). ² А. А. Григорьев, Матер. Ком. по изуч. Якутск. АССР, в. 4 (1926). ³ В. И. Громов, Тр. ИГН, в. 64, сер. геол., № 17 (1948). ⁴ Д. М. Колосов, Матер. Якутск. экспед. ИМС, в. 3 (1938). ⁵ П. А. Шумский, Основы структурного ледоведения, М., 1955.

Л. Н. РЕПИНА

ТРИЛОБИТЫ БАЗАИХСКОГО ГОРИЗОНТА

(Представлено академиком Н. С. Шатским 29 IV 1958)

За последние годы изучения стратиграфии кембрия в различных районах Кузнецкого Алатау, Восточного и Западного Саяна был накоплен большой палеонтологический материал, на основании которого удалось выделить ряд археоциатово-трилобитовых горизонтов, последовательно сменяющих друг друга во времени. Характеристика и возраст этих горизонтов были изложены в работе И. Т. Журавлевой, Л. Н. Репиной и В. В. Хоментовского⁽¹⁾. Единственным горизонтом, выделенным только на основании археоциат и не охарактеризованным трилобитами, оставался базаихский. Летом 1957 г. нами в районе р. Кии (по левому берегу, в 400 м ниже устья р. Кашкадак) в толще светлых массивных известняков, соответствующих базаихскому горизонту, были найдены трилобиты. Комплекс трилобитов оказался представленным в основном новыми формами и только один вид принадлежит к роду *Elganellus*, ранее описанному Н. П. Суворовой из эльгянской свиты р. Лены. Ниже приводится краткое описание комплекса трилобитов базаихского горизонта, представленного в коллекции 5 родами, 4 из которых новые.

Сем. NEOREDlichidae Hupe, 1952

Род *Elganellus* Suvorova

Elganellus cribus sp. nov.

Рис. 1, 13, 14

Трилобиты с широким изогнутым впереди кранидием, большой, сужающейся вперед, расчлененной глабелю, почти доходящей до краевой каймы; глазные крышки небольшие, изогнутые, переходят в широкие глазные валики, несущие две бороздки.

Голотип: кранидий, рис. 1, 14, обр. 3550/67, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва.

Материал: четыре поврежденных кранидия.

Новый вид отличается от наиболее близкого к нему по строению кранидия *Elganellus elegans* Suv. более резким расчленением глабелы, широкими неподвижными щеками и ячеистой скульптурой.

Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, толща массивных известняков с археоциатами; базаихский горизонт, нижний кембрий.

Сем. ELLIPSOCEPHALIDAE Matthew, 1877

Подсем. *Strenuellinae* Hupe, 1952

Kijanella gen. nov.

Мелкие трилобиты с субтрапецеондальным кранидием. Глабелю конусообразная, с закругленным передним концом. Глабелярные борозды, в количестве двух пар, нечеткие или вовсе отсутствуют. Краевая кайма в виде широкого, уплощенного валика, слабо выгнутого вперед. Глазные крышки уме-

ренно изогнутые, переходят в очень широкие глазные валики, подчеркнутые перегибом поверхности щек к лимбу. Передние ветви лицевых швов идут вперед, немного отклоняясь в стороны и книзу. Задние ветви длиннее передних, направлены косо в стороны. Поверхность кранидия гладкая, и только на краевой кайме заметна продольная струйчатость.

Тип. рода: *Kijanella magna* gen. nov. sp. nov., р. Кия, левый берег, в 400-х метрах ниже устья р. Кашкадак, Кузнецкий Алатау, толща светлых массивных известняков с археоциатами.

Наиболее близок по строению кранидия род *Strenuella* Matthew. Основные отличия заключаются в форме кранидия, направлении передних ветвей лицевых швов, а также форме и выпуклости глазных крышек и валиков.

В настоящее время в род *Kijanella* gen. nov. включается два вида: *Kijanella duffusica* gen. nov. sp. nov. Видовые отличия заключаются в: 1) присутствии или отсутствии лимба, 2) выпуклости глабели и щек, 3) длине глазных крышек, 4) глубине спинных борозд.

Kijanella magna gen. nov. sp. nov.

Рис. 1, 10—12

Глабель выпуклая, не доходит до краевой каймы. Спинные борозды глубокие, особенно по бокам глабели. Лимб приподнятый в середине, плоский, загнутый книзу по бокам. Неподвижные щеки с довольно резко возрастающей выпуклостью у задних борозд. Глазные крышки умеренной длины.

Голотип: кранидий, рис. 1, 10, обр. 3550/41, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва

Материал: многочисленные кранидии.

От второго вида рода *Kijanella* gen. nov. описываемый вид отличается наличием лимба, большей выпуклостью щек и глабели, резкими спинными бороздами и размером глазных крышек.

Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, толща светлых известняков с археоциатами, базаихский горизонт, нижний кембрий.

Kijanella diffusica gen. nov. sp. nov.

Рис. 1, 5, 6

Глабель слабо выпуклая, доходит до краевой каймы. Спинные борозды мелкие, расплывчатые. Неподвижные щеки плоские. Глазные крышки длинные, слабо выпуклые.

Голотип: кранидий, рис. 1, 6, обр. 3550/17, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва.

Материал: четыре кранидия удовлетворительной сохранности. Сравнение с типичным видом рода приведено выше.

Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, толща светлых известняков с археоциатами, базаихский горизонт, нижний кембрий.

Сем. PALAEOLENIDAE Hupe, 1952

Род *Resimopsis* gen. nov.

Трилобиты с широким кранидием. Глабель выпуклая, цилиндрической формы, с закругленным передним краем. Бока глабели рассечены тремя парами нечетких борозд, из которых наиболее резкая задняя пара. Спинные борозды по бокам глабели довольно глубокие, а впереди ее выполаживаются. Краевая кайма в виде тонкого валика, задранного вверх и плавно выгнутого вперед. Лимб вогнутый, неширокий. Затылочное кольцо узкое, оттянуто назад, где заканчивается небольшим шипом или бугорком. Неподвижные щеки квадратных очертаний, умеренно выпуклые. Глазные крышки небольшие, бобовидные, переходят в четкие узкие глазные валики. Передние ветви лицевых швов направлены вперед и книзу, у окончаний изгибаются внутрь.

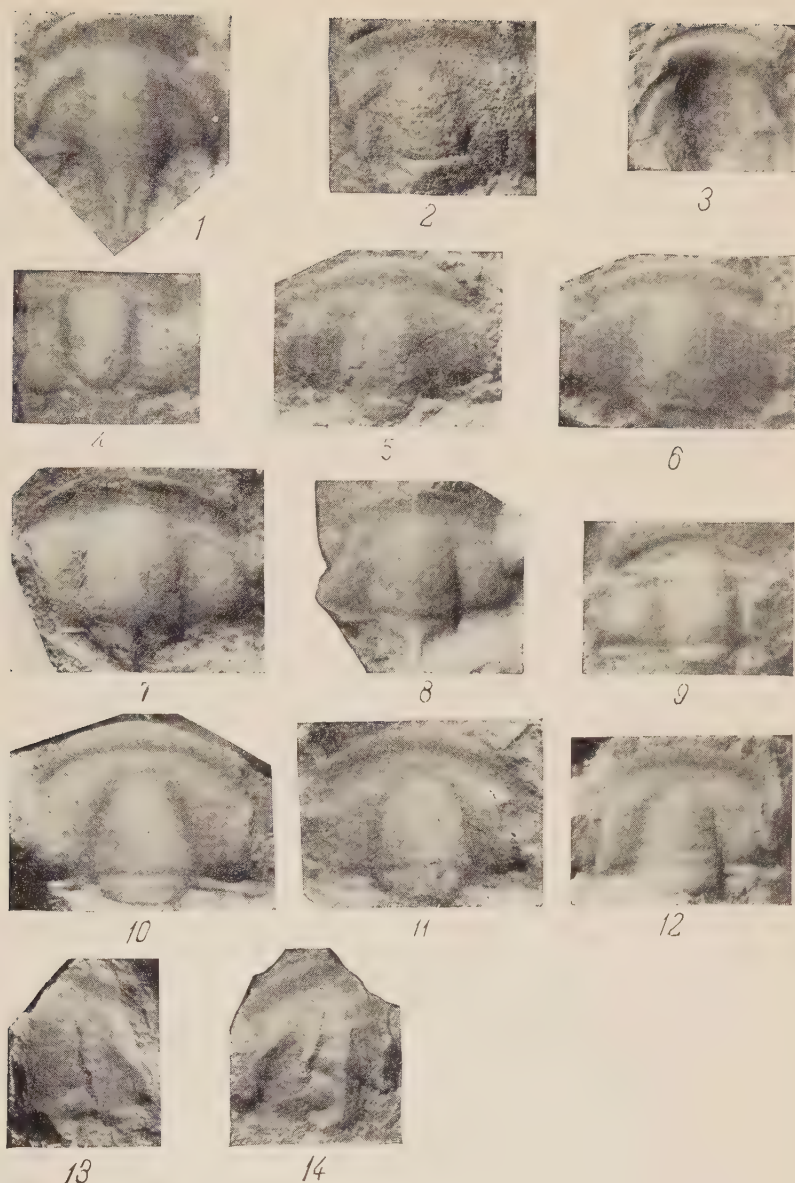


Рис. 1. 1—3 — *Mundocephalina pervulgata* gen. nov. sp. nov.: 1 — кранидий, 5 ×, обр. 3500/1, р. Кия, 1957 г., 2 — кранидий, 6 ×, обр. 3551/57, район г. Мартюхиной, 1957 г., 3 — кранидий (отпечаток), 3 ×, 3550/4, р. Кия, 1957 г., 4 — *Paraerbia pussilla* gen. nov. sp. nov., кранидий, 6 ×, обр. 3550/11 р., Кия, 1957 г.; 5, 6 — *Kijanella diffusa* gen. nov. sp. nov.: 5 — кранидий, 6 ×, обл. 3550/16, р. Кия, 1957 г., 6 — кранидий, 6,5 ×, обр. 3550/17, р. Кия, 1957 г.; 7—9 — *Resimopsis marinica* gen. nov. sp. nov.: 7 — кранидий, 5 ×, обр. 3550/21, р. Кия, 1957 г., 8 — кранидий, 3 ×, обр. 3550/22, р. Кия, 1957 г., 9 — кранидий, 5,6 ×, обр. 3551/62 район г. Мартюхиной, 1957 г.; 10—12 — *Kijanella magna* gen. nov. sp. nov.: 10 — кранидий, 6 ×, обр. 3550/41, р. Кия, 1957 г., 11 — кранидий, 5,5 ×, обр. 3550/42, р. Кия, 1957 г., 12 — кранидий, 5 ×, обр. 3550/43, р. Кия, 1957 г.; 13, 14 — *Elganellus cribus* gen. nov. sp. nov.: 13 — кранидий, 2 ×, обр. 3550/66, р. Кия, 1957 г., 14 — кранидий, 2 ×, обр. 3550/67, р. Кия, 1957 г.

Задние ветви немного длиннее передних, прямые, идут, слабо отклоняясь в стороны.

Тип рода: *Resimopsis marinica* gen. nov. sp. nov., р. Кия, левый берег в 400 м ниже устья р. Кашкадак, Кузнецкий Алатау, толща массивных известняков с археоциатами.

Материал: многочисленные кранидии. Несколько приближается к выделяемому роду по строению кранидия род *Palaeolenus* Mansuy. Отличия заключаются в форме и расчленении глабели.

Resimopsis marinica gen. nov. sp. nov.

Рис. 1, 7—9

Видовой диагноз соответствует диагнозу рода.

Голотип: кранидий, рис. 1, 7, обр. 3550/21, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва. Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, район г. Мартюхиной, Батеневский кряж, базаихский горизонт, нижний кембрий.

Сем. DENESIDAE Lermontova, 1951

Род *Paraerbia* gen. nov.

Мелкие трилобиты с субквадратным кранидием. Глабель очень выпуклая, яйцевидная, слегка расширяется к переднему краю. Глабелярные борозды имеются в количестве двух пар, причем задняя из них очень резкая, направлена косо назад и отклоняется от основания глабели две треугольные базальные дольки. Спинные борозды глубокие. Краевая кайма неширокая, валикообразная, немного выгнута вперед. Затылочное кольцо (судя по сохранившимся боковым частям) массивное, оттянуто назад. Неподвижные щеки довольно широкие, треугольных очертаний. Глазные крышки небольшие, бобовидные, глазные валики нечеткие, наклонные. Передние ветви лицевых швов направлены вперед, короткие. Задние ветви длиннее передних, слабо отклоняются в стороны. Поверхность кранидия покрыта нечеткими, распливчатыми бугорками.

Тип рода: *Paraerbia pusillica* gen. nov. sp. nov., р. Кия, левый берег в 400 м ниже устья р. Кашкадак, Кузнецкий Алатау, толща массивных известняков с археоциатами. Материал: два кранидия.

Наиболее близок к выделяемому роду род *Erbia* Lerm. Отличия заключаются в основном в отсутствии у *Paraerbia* gen. nov. предглабелярной площадки и треугольных боковых вздутий по бокам переднего конца глабели.

Paraerbia pusillica gen. nov. sp. nov.

Рис. 1, 4

Видовой диагноз соответствует диагнозу рода.

Голотип: кранидий, рис. 1, 4, обр. 3550/11, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва.

Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, толща массивных известняков с археоциатами: базаихский горизонт, нижний кембрий.

Сем. INCERTAE SEDIS

Род *Mundocephalina* gen. nov.

Кранидий субквадратных очертаний с выпуклой, очень слабо сужающейся вперед глабелю; глабелярные борозды очень слабые, в количестве 2 пар. Краевая кайма в виде толстого, выгнутого вперед валика. Лимб неширокий, вогнутый. Затылочное кольцо оттянуто назад в широкий, довольно длинный шип. Неподвижные щеки треугольной формы, слабо выпуклые. Глазные крышки массивные, длинные, почти не изогнутые, переходят в широкие глазные валики, сливающиеся с передним концом глабели. Зад-

ние и передние ветви лицевых швов короткие, слабо расходятся в стороны. Панцирь, как правило, гладкий, и только на кайме намечаются продольные струйки.

Тип рода: *Mundocephalina pervulgata* gen. nov. sp. nov., р. Кия, Кузнецкий Алатау, светлые массивные известняки с археоциатами. Материал: шесть кранидиев. Вышеописанный род не удастся полностью отождествить ни с одной из известных форм.

Mundocephalina pervulgata gen. nov. sp. nov.

Рис. 1, 1—3

Видовой диагноз соответствует диагнозу рода.

Голотип: рис. 1, 1, обр. 3550/1, коллекция 1957 г., ГИН, г. Москва.

Местонахождение и возраст: р. Кия, Кузнецкий Алатау, толща светлых известняков с археоциатами, базаихский горизонт, нижний кембрий.

Несмотря на то, что комплекс трилобитов базаихского горизонта новый, уже сейчас можно говорить о его возрасте. Подобный комплекс встречен в районе г. Мартюхиной, где он также сопровождается археоциатами и брахиоподами и помещается между камешковским и санаштыкгольским горизонтами, т. е. соответствует верхней половине синского горизонта платформы (1). В других разрезах кембрия Алтае-Саянской области, где базаихский горизонт охарактеризован только археоциатами, он занимает то же стратиграфическое положение.

Подтверждением сопоставления базаихского горизонта с частью синского служит присутствие в комплексе рода *Elganellus* Suv., распространенного в синском горизонте юго-западных разрезов Сибирской платформы

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
24 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Т. Журавлева, Л. Н. Репина, В. В. Хоментовский, Бюлл. МОИП, № 5 (1958). ² Е. В. Лермонтова, Нижнекембрийские трилобиты и брахиоподы Восточной Сибири, 1951. ³ Н. П. Суворова, Сборн материалов к Основам палеонтологии, в. 3 (1958). ⁴ Р. Нире, Ann. Paleontol., 39, 1 (1953); 41, 111 (1955). ⁵ H. Mansuy, Mem. Serv. Geol. de Indo-Chine, 1, Fase 2 (1912). ⁶ G. F. Matthew, Trans. Roy Soc. Canada, Sect. 4, 1887.

И. Б. РАЙКОВ

ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЯДЕРНОГО АППАРАТА
РАВНОРЕСНИЧНЫХ ИНFUЗОРИЙ *LOXODES STRIATUS*
И *L. MAGNUS*

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 19 II 1958)

Макронуклеусы (Ma) некоторых низших инфузорий, например *Tracheosegса* (¹⁻³), отличаются от Ma большинства *Ciliata* очень малым содержанием дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и неспособностью к делению; при делении инфузории они распределяются между дочерними особями. Микронуклеусы (Mi) делятся митотически, затем часть их превращается в зачатки Ma и пополняет число последних. При развитии зачатков Ma не удается отметить увеличения количества ДНК (¹⁻⁴).

Такого рода реорганизационные процессы, сходные с эндомиксисом (^{4, 5}), описаны также при делении инфузорий из рода *Loxodes* (⁵⁻⁷). Известно, что Ma *Loxodes* никогда не делятся и что число их пополняется после каждого деления особи за счет Mi.

Задача работы — цитохимическое изучение ядер *Loxodes* в целях сравнения их с ядрами *Trachelocerca*.

Материал по *Loxodes striatus* (Engelm. 1862) и *L. magnus* Stokes, 1887 (сем. *Loxodidae*, подотр. *Gymnostomata*) * собран в 1954—1957 гг. в прудах Старого Петергофа (Ленинградская обл.). Инфузории изучались главным образом на тотальных препаратах (фиксация с приклеиванием по Ниссенбауму (⁹)), частично также на срезах. Нуклеиновые кислоты определялись по Фельгену и по Браше (¹⁰) с помощью окрасок метиловым зеленым — пиронином и толуидиновой синью. Удаление рибонуклеиновой кислоты (РНК) производилось или раствором кристаллической рибонуклеазы ** (¹⁰), или 1 *N* HCl при 60° в течение 10 мин. (¹¹). ДНК удалялась кристаллической дезоксирибонуклеазой ** по Сэндерсу (¹²). Суммарный блок определялся путем окраски препаратов сулемовым раствором бромфенолового синего (¹³), основные белки (гистоны) окрашивались прочным зеленым при pH 8,2 (^{14, 15}). Всего изучено около 12 тыс. экземпляров *L. striatus* и 2 тыс. экземпляров *L. magnus*.

Ядерный аппарат *L. striatus* (рис. 1 а) состоит из двух Ma и двух Mi. *L. magnus* (рис. 1 б) — более крупная форма, имеющая от 9 до 31 Ma и от 5 до 32 Mi.

Строение ядер у *L. striatus* и *L. magnus* во многом сходно. Макронуклеусы периферические, диаметром 7—9 μ у *L. striatus* и 6,5—8 μ у *L. magnus*, содержат каждый одну центральную нуклеолу. В их периферических частях находятся мелкие гранулы, взвешенные в кариолимфе (рис. 2 ж — и — *L. striatus*; рис. 2 п — р, рис. 3 — *L. magnus*). Нуклеола у обоих видов Фельген-отрицательна (рис. 2 з, р), окрашивается весьма интенсивно пиронином (рис. 2 ж, п) и толуидиновой синью (рис. 3 а). Дезоксирибонуклеаза не действует на базофилию нуклеолы; после рибонуклеазы она более не красится ни пиронином, ни толуидиновой синью. Аналогично действует гидролиз 1 *N* HCl

* Систематика видов *Loxodes* сильно запутана. Здесь принята классификация Каля (⁸).

** Приношу благодарность В. Л. Немчинской (лаборатория цитохимии Института цитологии АН СССР) за предоставление изготовленных ею препаратов нуклеаз.

(рис. 3, б — толуидиновая синь после HCl). Следовательно, нуклеолы *Ma* обоих видов содержат РНК в высокой концентрации. В нуклеолах очень много белков, судя по интенсивному сине-фиолетовому окрашиванию сулемой — бромфеноловым синим (рис. 3 в). Прочным зеленым нуклеолы красятся лишь очень слабо, в основном по периферии (рис. 2 и). Очевидно, главная масса белков в нуклеолах негистонного типа, хотя имеется небольшая примесь основных протеинов.

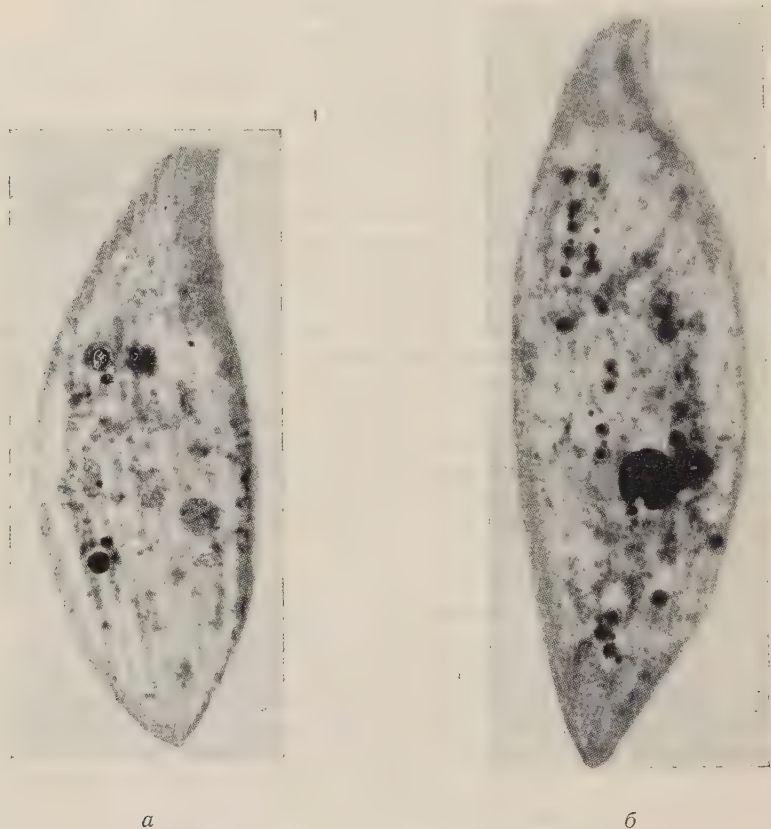
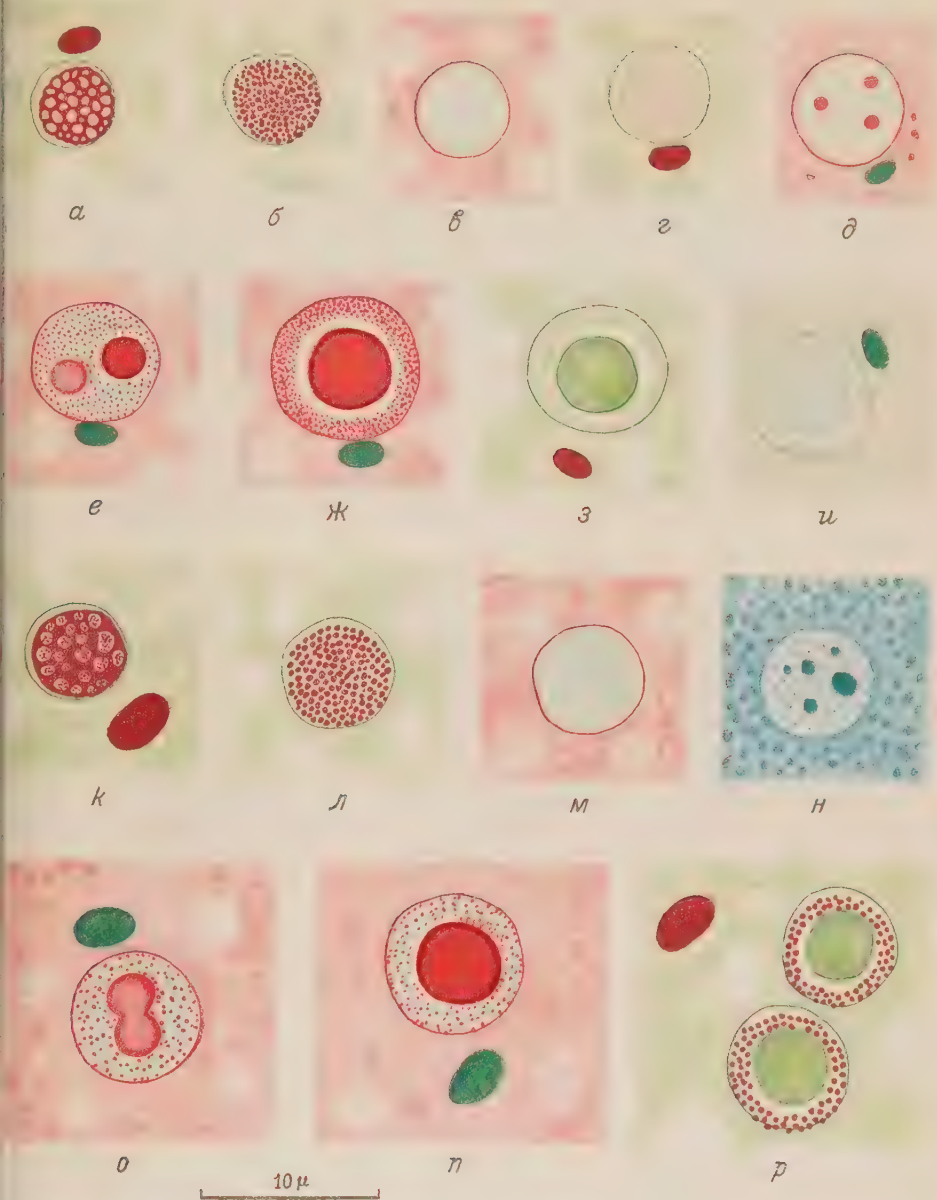


Рис. 1. а — *Loxodes striatus*, тотальный препарат, гемалаун, 600×, б — *Loxodes magnus*, тотальный препарат, гемалаун, 290 ×

Гранулы периферической части *Ma* у *L. striatus* и *L. magnus* двоякого рода. Одни из них Фельген-положительны (рис. 2з, р); у *L. magnus* они красятся также метиловым зеленым (рис. 2 n), у *L. striatus* — не красятся (рис. 2 ж). Окрашиваемость этих гранул устойчива к рибонуклеазе и разрушается дезоксирибонуклеазой. Очевидно, они содержат ДНК, количество которой в одном *Ma* *L. magnus* и особенно *L. striatus* незначительно по сравнению с типичными *Ma* инфузорий; оно явно не превосходит количества ДНК в *Mi* (см. рисунки). Гранулы другого рода более многочисленные, Фельген-отрицательные, красятся пиронином как у *L. striatus*, так и у *L. magnus* (рис. 2 ж, n). Рибонуклеаза снимает их окрашиваемость. Очевидно, эти гранулы содержат РНК. Толуидиновая синь красит как ДНК-гранулы, так и РНК-гранулы (рис. 3, а); после рибонуклазы или HCl видны только ДНК-гранулы (рис. 3 б, слева), после дезоксирибонуклеазы — только РНК-гранулы. При обработке препарата обеими нуклеазами в *Ma* не остается более никаких веществ, красящихся толуидиновой синью. Очевидно, этот краситель специфичен для нуклеиновых кислот на материале *Loxodes* (фиксация по Ниссенбауму).



ис. 2. Развитие макронуклеусов *Loxodes* (2300 X). *a-u* — *L. striatus*: *a* — стадия хроматиновой сеточки, Фельген — лихтгрюн, сверху — *Mi*; *б* — стадия хроматиновых гранул, Фельген; *в* — то же, метиловый зеленый — пиронин; *г* — раздробление гранул на мелкие зерна ДНК, внизу — *Mi*, Фельген; *д* — появление мелких нуклеол, внизу — *Mi*, метиловый зеленый — пиронин; *е* — появление РНК-гранул, метиловый зеленый — пиронин; *ж* — взрослый макронуклеус, внизу — *Mi*, метиловый зеленый — пиронин; *з* — то же, Фельген; *и* — то же, прочный зеленый при I 8,2, справа сверху — *Mi*; *к-р* — *L. magnus*: *к* — стадия хроматиновой сеточки, справа внизу — *Mi*, Фельген — лихтгрюн; *л* — стадия хроматиновых гранул, Фельген; *м* — то же, метиловый зеленый — пиронин; *н* — появление нуклеол, сулема — омпфеноловый синий; *о* — появление РНК-гранул, слияние нуклеол, метиловый зеленый — пиронин; *п* — взрослый *Ma*, внизу — *Mi*, метиловый зеленый — пиронин; *р* — два *Ma* и *Mi*, Фельген — лихтгрюн

Гранулы обоих типов содержат белок, но особенно его много в РНК-гранулах (рис. 3 в). По-видимому, белок этот в основном негистонного типа (лишь ДНК-гранулы слабо красятся прочным зеленым, рис. 2 и). Причина отсутствия окраски ДНК-гранул *L. striatus* метиловым зеленым (рис. 2 ж) пока неизвестна. Может быть, дело здесь в деполимеризации ДНК (16) или в особом характере связи ДНК с белком (17).

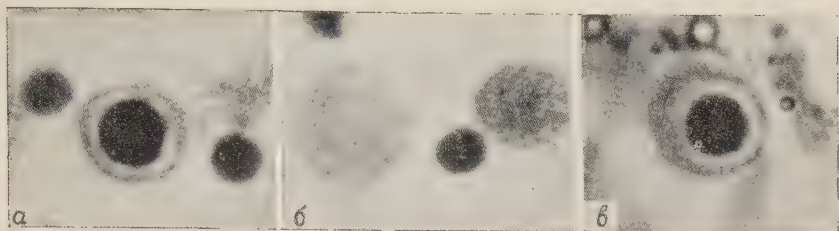


Рис. 3. Микрофотографии ядер *Loxodes magnus*, 2000 \times , а — один Ма и два Ми, толуидиновая синь; б — Ма, Ми и зачаток Ма на стадии ДНК-гранул (справа), толуидиновая синь после HCl; в — Ма, сулема — бромфеноловый синий

Ми *L. striatus* имеют длину 2—3 μ ; Ми *L. magnus* крупнее (3—4,3 μ). У обоих видов Ми гомогенны, резко Фельген-положительны (рис. 2 а, г, з, к, р). Они красятся метиловым зеленым (рис. 2 д, е, ж, о, п) и толуидиновой синью (рис. 3 а); пиронин не воспринимают. Рибонуклеаза и гидролиз 1 N HCl (рис. 3 б) не уменьшают окрашиваемости Ми. Ми содержат немного белков (голубая окраска сулемой — бромфеноловым синим у обоих видов). Вероятно, все или большая часть белков представлена здесь гистонами, судя по интенсивной окраске прочным зеленым (рис. 2 и). Очевидно, Ми содержат дезоксирибонуклеогистоны и не содержат РНК. Вопрос о наличии в них негистонных белков пока открыт. Распределение гистонов у *Loxodes* в основном совпадает с распределением ДНК. Исключение составляют нуклеолы, в которых есть основные белки, но нет ДНК.

Цитоплазма обоих видов содержит РНК и белки негистонного типа (см. рисунки).

В связи с оригинальностью строения Ма *Loxodes* большой интерес приобретает их развитие. При делении *L. striatus* ((6,7) и данные автора) каждая дочерняя особь получает по одному материнскому Ма. Оба Ми делятся митотически. Из двух Ми будущей дочерней особи один превращается в зачаток Ма, другой делится вторично (см. схему в (4)). В результате в дочерних особях восстанавливается исходное число ядер.

Развитие зачатков Ма начинается у *L. striatus* с образования в них Фельген-положительных сетчатых структур (рис. 2 а) в результате вакуолизации Ми. Сеточка распадается на ДНК-гранулы, красящиеся по Фельгену (рис. 2 б) метиловым зеленым (рис. 2 в). Затем наблюдается раздробление ДНК-гранул на более мелкие зерна (рис. 2 г); по всей вероятности, здесь имеется и уменьшение количества ДНК. Зачатки на стадии хроматиновых зерен бедны белками. Несколько позже в них появляются от 1 до 4 мелких нуклеол, богатых РНК (рис. 2 д) и белком, а затем и пиронинофильные РНК-гранулы (рис. 2 е). Вплоть до этой стадии ДНК-гранулы зачатков окрашиваются метиловым зеленым (рис. 2 д, е), но далее они претерпевают какое-то изменение, в результате которого теряют сродство к метиловому зеленому, оставаясь Фельген-положительными (рис. 2 ж, з).

Нуклеолы постепенно увеличиваются в размерах, накапливают РНК и сливаются в одно центральное ядрышко (рис. 2 ж); тем самым достигается строение взрослого Ма. ДНК-гранулы последнего (рис. 2 з) непосредственно происходят от ДНК микронуклеуса; признаков синтеза ДНК при развитии Ма не отмечено.

При делении *L. magnus* (^{5,7}) и данные автора) материнские Ма распределяются между дочерними особями. М₁ делятся* несинхронно в течение всего периода от деления до деления особи. Время от времени отдельные М₁ превращаются в зачатки Ма. При развитии зачатков Ма *L. magnus* также имеет место стадия хроматиновой сеточки (рис. 2 к) и стадия ДНК-гранул (рис. 2 л, м; рис. 3 б, справа). В отличие от *L. striatus*, у *L. magnus* отсутствует раздробление ДНК-гранул на более мелкие зерна (ср. рис. 2 л, м и о, р). ДНК-гранулы сохраняются при развитии зачатков Ма у этого вида неизменными. Синтез ДНК здесь отсутствует, как и у *L. striatus*. ДНК-гранулы содержат мало белка (рис. 2 н). Далее в зачатках появляются мелкие нуклеолы, содержащие белок (рис. 2 н), РНК (рис. 2 о); они растут и сливаются в центральное ядрышко (рис. 2 о, н). Вслед за нуклеолами в зачатках становятся видны и РНК-гранулы, красящиеся пиронином (рис. 2 о). Окрашиваемость ДНК-гранул метиловым зеленым сохраняется у *L. magnus* и во взрослом Ма (рис. 2 н), в отличие от *L. striatus*.

Trachelocerca и *Loxodes* — не родственные формы; они принадлежат к разным ветвям развития *Gymnostomata* (⁸). Тем не менее, строение и развитие Ма у этих форм глубоко сходны. Сходство выражается в малом количестве ДНК в Ма, а также в отсутствии синтеза ДНК и каких-либо признаков эндомитоза при их развитии. Налицо и различия в строении ядер *Trachelocerca* и *Loxodes* (у *Loxodes* имеются РНК-гранулы в Ма, а М₁ более бедны протеинами по сравнению с *Trachelocerca*). Но эти различия вряд ли имеют принципиальное значение. По-видимому, неспособность Ма к делению вызвана у *Trachelocerca* и *Loxodes* одними и теми же причинами — отсутствием синтеза ДНК и неспособностью хроматиновых элементов Ма к удвоению. Очевидно, Ма *Loxodes* диплоидны, как и у *Trachelocerca*, в то время как Ма большинства инфузорий полиплоидны (⁴).

Сходство в строении ядерного аппарата у *Loxodes* и *Trachelocerca* указывает на большую примитивность описанного типа макронуклеусов, а также процессов ядерной реорганизации, сопровождающих деление данных инфузорий.

Институт цитологии
Академии наук СССР

Поступило
12 II 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Б. Райков, Зоол. журн., **34**, в. 4 (1955). ² И. Б. Райков, ДАН, **110**, № 2 (1956). ³ И. Б. Райков, Зоол. журн., **36**, в. 3 (1957). ⁴ И. Б. Райков, Вестн. ЛГУ, № 15 (1957). ⁵ E. Faure-Fremiet, J. Protozool., **1**, 1 (1954). ⁶ В. Казанцев, Arch. Protistenkunde, **20**, 2 (1910). ⁷ Л. Л. Россолимо, Дневн. зоол. отд. Моск. общ. любит. естествозн., антропол. и этногр., нов. серия, **3**, 4 (1916). ⁸ A. Kahl, Tierwelt Deutschlands, **21** (1931). ⁹ G. Nissenbaum, Science, **118**, № 3053 (1953). ¹⁰ J. Brachet, Quart. J. Micr. Sci., **94**, 1 (1953). ¹¹ C. Vendrely, C. R., **228**, 606 (1949). ¹² F. K. Sanders, Quart. J. Micr. Sci., **87**, 3 (1946). ¹³ D. Mazia, P. Brewer, M. Alfert, Bull., **104**, 1 (1953). ¹⁴ M. Alfert, I. Geschwind, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, **39**, 10 (1953). ¹⁵ M. Alfert, N. Goldstein, J. Exp. Zool., **130**, 3 (1955). ¹⁶ N. B. Kurnick, J. Gen. Physiol., **33**, 3 (1950). ¹⁷ M. Alfert, Biol. Bull., **103**, 2 (1952).

* Ход митоза описан Россолимо (⁷).

П. А. ХРАНОВСКИЙ

О НАСЛЕДОВАНИИ РАЗМЕРОВ И ФУНКЦИИ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ У ДОМАШНИХ ПТИЦ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 25 IV 1958)

Исследователи современной генетики и селекции животных занимаются изучением закономерностей изменчивости и наследственности преимущественно внешних особенностей строения животного организма, в то время как почти все жизненно-важные отправления, определяющие основные продуктивные качества животного, связаны с внутренними органами и системами.

Причины этого понятны: особенности внутренних органов изучать и, тем более, использовать в селекционной работе значительно труднее, чем внешние особенности строения животного. Тем не менее, эта проблема была поставлена еще в начале нашего столетия ⁽¹⁻³⁾.

Критикуя недостатки учения об экстерьере животных, Е. А. Богданов ⁽¹⁾ призывал разрабатывать типы телосложения животных на гистологической и биохимической основе. Развивая учение об интерьере более подробно, Ю. Ф. Лискун ⁽²⁾ подчеркивал, что необходимо упорно искать пути для познания форм тела и их связи с функциями, так как решение этого вопроса принесет огромную пользу животноводству. Особенно большое внимание Лискун обратил на железы внутренней секреции, высказывая предположение, что их размеры и характер функции являются наследственными признаками.

На основании этих теоретических положений Ю. Ф. Лискун ⁽³⁾, А. В. Немиллов ^(4, 5), Е. Лисицкий ^(6, 7) и их последователи сделали первые шаги в направлении изучения и использования в селекционных целях особенностей строения железистой ткани млечных желез крупного рогатого скота; Г. М. Тишохмиров ⁽⁸⁾ путем отбора по степени развития тимуса добился резкого улучшения жизнестойкости цыплят; Х. Ф. Кушнер ^(9, 10) с сотр. ведут работу по использованию в селекции животных и птиц интерьерных особенностей крови; в Англии, в графстве Гемпшир, в селекции на удлинение туловища беконных свиней, успешно используются рентгеновские лучи — отбор ведется в молодом возрасте по числу ребер ⁽¹¹⁾.

Из приведенных литературных данных видно, что несмотря на актуальность проблемы и быстрое развитие техники исследования, экспериментальная биология, и в частности генетика и селекция животных, нуждаются в совершенствовании методов селекции домашних животных.

Нами в 1953 г. начаты исследования изменчивости и наследственности размеров половых желез у домашних гусей, у которых, как известно, еще очень низки производственные показатели плодовитости и скороспелости.

На протяжении всех лет опыта мы старались поддерживать примерно одинаковый зоотехнический фон, способствующий максимальному проявлению особенностей плодовитости и скороспелости.

Изменчивость размеров и гистологических особенностей строения половых желез у гусей и других домашних птиц, а также связь ее с плодовитостью и скороспелостью показаны нами ранее ⁽¹²⁾. Вопрос же о наследовании этих морфологических и физиологических особенностей мужских половых желез у гусей исследовался нами вплоть до настоящего времени.

Всего за эти годы получено четыре поколения и исследовано около 4000 голов гусей. Молодые гусаки, потомки от исходной группы опыта 1953 г. из года в год подвергались операции лапаротомии и отбирались по степени развития половых желез. Степень отбора была примерно одинаковой и равнялась 5—10%.

Если принять среднюю длину половой железы у гусаков исходного стада опыта 1953 г. за 100% (10,77 мм), то в 1954 г. в F₁ длина половой железы в среднем увеличилась на 14,2% (12,3 мм), в 1955 г. в F₂ на 23,5% (13,3 мм) и в 1956 г. в F₃ на 30% (14 мм) — по сравнению с исходной. Иначе говоря, за четыре года отбора размер половой железы увеличился почти на одну треть по отношению к исходному.

Приведенный материал по наследованию размеров половых желез касается лишь одного периода развития половой железы, а именно — периода, предшествующего физиологической активности желез. На протяжении всех лет опыта половые железы измерялись примерно в 3,5—4-месячном возрасте, и на этой стадии относительного физиологического покоя производился отбор.

Более детальный анализ этих данных по годам показал, что в результате отбора по степени развития половых желез у значительной части гусаков F₃ наметились резкие сдвиги в переходе желез в активное физиологическое состояние. Если в 1953 г., в начале опытов, среди более 500 гусаков 3,5—4-месячного возраста мы не обнаружили ни одного гусака, обладавшего железами в состоянии физиологической активности, то в 1956 г. среди одновозрастных потомков F₃ было обнаружено до 15% гусаков, обладающих очень крупными, вполне сформированными половыми железами, находящимися в состоянии физиологической активности. Эти гусаки имели пригодную для оплодотворения семенную жидкость и настойчиво проявляли половое влечение.

В период наибольшей половой активности (в апреле и мае) гусаки — потомки групп положительного отбора — имели в это время семенники на 43% более крупные, чем гусаки — потомки групп отрицательного отбора и на 30% более крупные, чем гусаки контроля.

В полном соответствии с этими морфологическими сдвигами наследственности находятся и физиологические сдвиги в отношении плодовитости и скороспелости. Наряду с увеличением размеров половых желез самцы — потомки групп положительного отбора — давали из года в год и более высокую оплодотворяемость яиц. Так, в 1954 г. подопытные гусаки дали на 21,1% больше оплодотворенных яиц, чем гусаки — группы отрицательного отбора. А в последующие годы гусаки — потомки групп положительного отбора — обогнали по оплодотворяемости даже племенное и элитное стадо (в 1955 г. — на 12,5—18,2%, в 1956 г. — на 12,6%).

Одновременно следует отметить, что четырехлетний отбор самцов по степени развития половых желез заметно изменил в лучшую сторону не только плодовитость, но и физиологическую скороспелость гусей подопытного стада. На самцах эти приобретенные особенности скороспелости проявляются, прежде всего, в изменении поведенческих рефлексов. Достигнув к 4-месячному возрасту достаточной мясной скороспелости (до 8 кг живого веса), значительная часть гусаков начинает весьма настойчиво проявлять половое влечение к самкам, хотя последние в июле и августе размножаться еще не способны. В это же время в контроле, в основном племенном стаде и даже в элите ни один самец полового инстинкта ухаживания не проявляет.

Очень интересным также является и то, что отбор самцов по половым железам, не усиливая заметно физиологической скороспелости их дочерей в первом году жизни, очевидно, влияет как-то на плодовитость последних со второго года жизни. В нашем опыте перерярые и других возрастов самки приобрели совершенно новые, по сравнению с гусынями основного племстада, особенности размножения. В 1956 г. эти самки после нормального прекращения яйцекладки в июле совершенно неожиданно вновь начали яйцекладку в кон

де августа и в начале сентября (при самых обычных условиях кормления и содержания).

Характерными для оценки этих сдвигов у самок являются и суммарные данные яйценоскости за этот год. Подопытные самки в количестве 700 голов оказались не только более плодовитыми, но и наиболее рано начавшими яйцекладку и наиболее поздно закончившими ее. Среди них было наибольшее количество таких, которые неслись с февраля по июль, причем наибольшее количество яиц они снесли в первые месяцы яйцекладки. Так, например, черяры гусыни подопытного стада в феврале снесли на 71%, в марте на 89% и в июне на 50% больше яиц, чем их контрольные сверстницы, что говорит о явном расширении цикла яйцекладки и повышении плодовитости и скороспелости у подопытных гусынь.

В заключение следует отметить, что метод отбора по половым железам может оказаться особенно перспективным в случае необходимости осуществления индивидуального испытания самцов по плодовитости и скороспелости.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Поступило
18 IX 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. А. Богданов, Типы телосложения сельскохозяйственных животных, 1923.
² Е. Ф. Лискун, Экстерьер сельскохозяйственных животных, 1949. ³ Е. Ф. Лискун, Красный немецкий скот, Уч. ком. Мин. землед., Бюро по зоотехнии, в. 7/8 (1912).
⁴ А. В. Немиллов, Некоторые данные о гистологическом строении молочных желез ярославского скота, Уч. ком. Мин. землед., Бюро по зоотехнии, в. 15 (1915). ⁵ А. В. Немиллов, Тр. отдел. зоотехн. Гос. инст. опытно-агрон., 1927. ⁶ Е. Лисицкий, Био-гистологична метода вивчення конституції с. г. тварин, 1927. ⁷ Е. Лисицкий, Био-гистологична аналіза молочних ознак у коров, 1928. ⁸ Б. М. Тихомиров, Усп. зоотехн. наук, 1, в. 3 (1935). ⁹ Х. Ф. Кушнер, Тр. Инст. генетики АН СССР, № 14 (1947). ¹⁰ Х. Ф. Кушнер, О. Н. Китаева, Тр. Инст. генетики АН СССР, № 14 (1947). ¹¹ Pig Farm, 4, № 3 (1956) (цит. по РЖБиол., 24, № 107428) (1956).
¹² П. А. Храновский, ДАН, 104, № 3, 40 (1955).

В. Э. БЕККЕР

ОСОБЕННОСТИ ВИТЕЛЛОГЕНЕЗА У САМОК ЗОЛОТОГО КАРАСЯ (CARASSIUS CARASSIUS(L.)) В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 25 IV 1958)

В ряде работ, основанных на материале из естественных водоемов, можно найти примеры влияния условий существования на ход овогенеза у рыб^(2, 4, 6). В. А. Мейен⁽⁴⁾ указывает на высокую пластичность нереста (и, следовательно, процесса овогенеза) у карповых. Очевидно, что в числе прочих экологических факторов плотность населения через обеспеченность рыб пищей также должна влиять на ход развития половых продуктов. Исследование этого вопроса представляет не только теоретический (в частности, в связи с известным положением о саморегуляции численности вида у рыб⁽⁵⁾), но и практический интерес.

На примере золотого карася нами было показано, что резкое повышение плотности популяции повлекло за собой сокращение числа порций выметанной икры⁽⁸⁾. В связи с этим представляется интересным проследить в течение всего вегетационного периода ход развития гонад и изменение состава овоцитов у рыб из популяции повышенной плотности.

Материал для такого исследования был получен в октябре 1956 г. и в течение мая — октября 1957 г. (второго года опыта). В качестве опытных водое-

мов, как и в 1956 г.⁽⁸⁾, нами были использованы пруды № 1 и № 2 учебного хозяйства Мосрыбвтуза площадью 400 м² каждый. Весной 1957 г. в пруду № 2 было оставлено 900 карасей (вместо 1500, посаженных в мае 1956 г.) и в пруду № 1 40 (вместо 200).

Таблица 1
Изменение веса самок (без гонад) в опытных прудах

	20 V 1956	9—11 X 1956 г.		12—14 X 1957 г.	
	вес, г	вес, г	при- рост, %	вес, г	при- рост, %
Пруд № 1	12,7	28,0	120,5	74,2	164,5
Пруд № 2	12,7	13,6	7,1	19,7	44,8

Такое снижение плотности посадки, а также более благоприятные летние температуры 1957 г. обусловили улучшение роста рыб в обоих прудах (табл. 1). Несмотря на значительное повышение темпа роста рыб в 1957 г., существенное отличие в функции яичника у самок из прудов № 1 и № 2, как будет показано ниже, сохранилось.

Для гистологических препаратов во всех случаях вырезалась часть яичника из его средней области, прилежащей к промежутку между камерами плавательного пузыря, и фиксировалась жидкостью Буэна. Заливка — целлоидин-парафиновая; окраска — гематоксилином Эрлиха. На препаратах при малом увеличении микроскопа (ок. 7, об. 8 ×) было подсчитано число овоцитов по фазам зрелости. Для каждой рыбы просчитывалось от 250 до 800 клеток, в большинстве случаев 350—500. На рис. 1 (пруд № 1) и на рис. 2 (пруд № 2) показано изменение состава и числа овоцитов периода большого роста в яичниках самок из опытных прудов в процентах к общему их количеству (включая и овоциты периода малого роста). Цифры под датами взятия проб — число исследованных рыб. Кривая I показывает колебание

величины коэффициента зрелости самок, кривая II (только на рис. 2) — то же для самцов.

К концу вегетационного периода 1956 г. в состоянии гонад самок из опытных прудов обнаружилось совершенно определенное различие. У рыб из пруда № 2 овоциты периода большого роста достигли фазы конца вакуолизации (D_3), и лишь около 0,5% их вступили в фазу отложения желтка (D_4). У самок из пруда № 1, живших в условиях меньшей плотности населения, общее число овоцитов периода большого роста было вдвое большим, и, кроме того, в фазах отложения желтка находилось не 0,5, а примерно 14% общего числа яйцеклеток.

К 10 V 1957 г. состояние гонад самок из пруда № 2 мало изменилось по сравнению с тем, что было в октябре 1956 г., и отличалось лишь очень незначительным увеличением числа овоцитов фазы D_3 . Увеличилось количество овоцитов этой группы и у рыб из пруда № 1, но, в отличие от самок из пруда № 2, здесь произошли и другие изменения. Так, значительно больше стало овоцитов фазы D_2 , сократилось их число в фазе D_4 за счет перехода в последующие — D_5 и D_6 .

Сравнивая состояние гонад самок из опытных прудов до и после зимовки, можно, таким образом, констатировать, что резко повышенная плотность

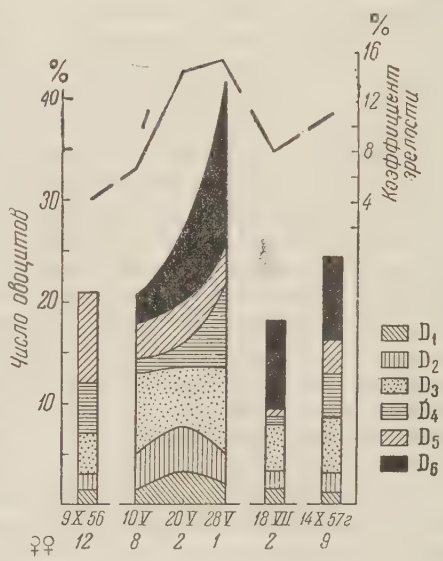


Рис. 1.

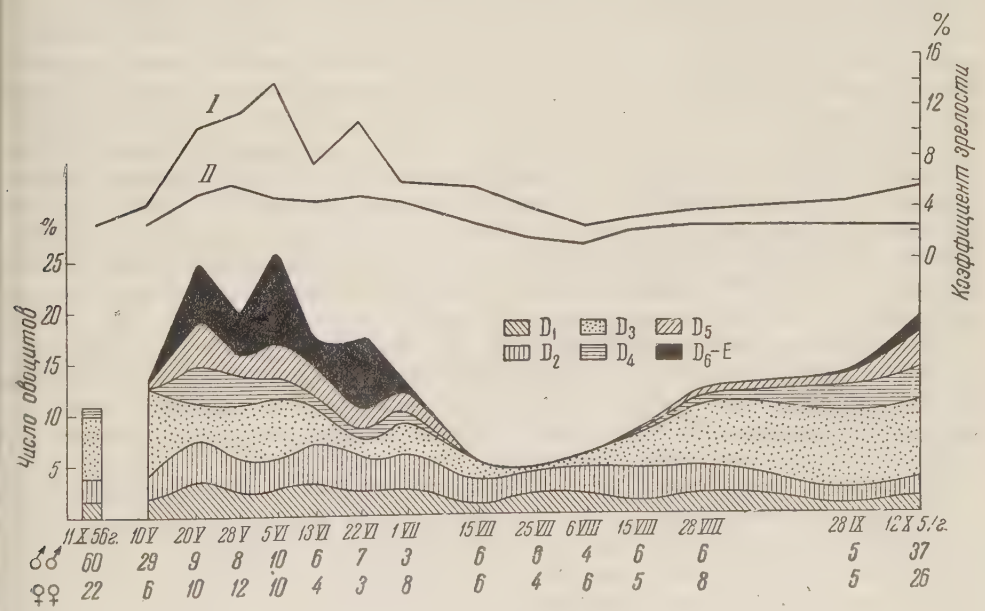


Рис. 2.

населения (пруд № 2) обусловила сравнительно низкий уровень развития половых продуктов к концу вегетационного периода и отставание в темпе развития овоцитов в течение первых недель следующей весны. Кроме того,

чрезвычайно неблагоприятные условия существования в течение лета 1956 г. обусловили отсутствие запасов питательных веществ и, тем самым, исключили возможность свойственного рыбам зимнего роста овоцитов (¹, ³, ⁷).

В течение следующих десяти дней у самок из пруда № 2 происходит бурное развитие гонад, и к 20 V появляется большое число овоцитов в фазах отложения желтка, которые в дальнейшем составят первую порцию икры. Резко увеличивается и количество овоцитов начальных фаз вакуолизации (D₁ и D₂), — по-видимому, начинает формироваться вторая порция. У рыб из пруда № 1 в этот период происходят совершенно аналогичные изменения состава овоцитов фаз вакуолизации.

Как мы видели, в течение зимы состояние гонад самок из пруда № 2 не изменилось, а созревание овоцитов, включающее все фазы отложения желтка, прошло в очень короткий срок — около 15 дней. Следовательно, организм рыбы может в известной мере к началу нерестового периода компенсировать задержку в развитии половых продуктов, вызванную неблагоприятными условиями существования в течение предыдущего года.

К 28 V у самок из пруда № 2 увеличивается число овоцитов фазы D₃, которые впоследствии образуют вторую порцию икры. У рыб из пруда № 1 характер изменений в соотношении числа овоцитов разных фаз в общем такой же, — с той лишь разницей, что у них значительно увеличилось количество овоцитов фазы D₄, т. е. вторая порция икры у этих рыб уже более развита.

5 VI число наполненных желтком овоцитов у самок из пруда № 2 достигает максимума, и в течение нескольких последующих дней происходит нерест. Второй и последний у этих рыб максимум для овоцитов фаз D₆—E отмечается в конце июня и совпадает с резким сокращением количества овоцитов фазы D₃. После второго нереста оставшиеся невыметанными икринки подвергаются резорбции, которая захватывает и часть овоцитов фазы D₃. Таким образом, нерестовый период самок из пруда № 2, как и в 1956 г., закончился к началу июля.

У самок из пруда № 1, выловленных 18 VII 1957 г., в гонадах присутствовало большое число овоцитов фаз D₆ — E и D₃, т. е. налицо были еще две порции икры. Это обстоятельство, а также успешность применения гипофизарной инъекции к одной из таких рыб позволяют заключить, что нерестовый период самок из пруда № 1 продолжался в июле, а возможно, и в августе*.

После минимума в конце июля число овоцитов периода большого роста в гонадах самок из пруда № 2 неуклонно повышается, и к середине октября развитие половых продуктов этих рыб и в количественном, и в качественном отношении оказывается несколько более высоким, чем в октябре 1956 г. Однако, как видно из сопоставления рис. 1 и 2, различие в развитии гонад самок из опытных прудов, связанное с разницей в плотности населения, сокращается и к концу второго года опыта.

Колебание величины коэффициента зрелости (рис. 1 и 2) довольно точно следует ходу развития яичников. Запаздывание минимума коэффициента зрелости самок из пруда № 2 (6 VIII) по сравнению с минимумом развития гонад (25 VII) объясняется тем, что к 25 VII в яичниках еще имеются резорбирующиеся невыметанные икринки.

Изменение коэффициента зрелости самцов полностью совпадает с его изменением у самок. Более ранний первый максимум вполне соответствует известному явлению более ранней готовности самцов к нересту.

Отметим еще одно обстоятельство. Как хорошо видно из рис. 2, обособление порции ближайших к вымету овоцитов происходит на грани фаз D₃—D₄, т. е. при переходе к отложению желтка, что еще раз подтверждает обоснованность предложения Б. Н. Казанского (²) о подразделении периода большого роста на фазы вакуолизации и отложения желтка.

Приведенные выше данные являются средними и, следовательно, харак-

* Попытки вызвать икротечение у самок из пруда № 2 с помощью гипофизарной инъекции в июле 1957 г. ни разу не увенчались успехом.

Таблица 2

Различия в развитии гонад у самок из опытных прудов в октябре 1956 и 1957 гг.

Дата	Водоем	Малый рост	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	N
9 X 1956 г.	Пруд № 1	100	100	100	100	100	91,0	—	11
11 X 1956 г.	Пруд № 2	100	100	91,0	77,2	9,1	4,6	—	22
14 X 1957 г.	Пруд № 1	100	100	100	100	100	100	89,0	9
11 X 1957 г.	Пруд № 2	100	100	100	100	61,7	50,0	15,4	26

теризуют средний уровень развития гонад самок золотого карася в наших опытных популяциях. Однако среди рыб, выловленных из пруда № 2, встречались отдельные особи с гораздо более развитыми, чем у остальных, гонадами. Лучше всего это можно видеть на примере октябрьских проб, когда число одновременно исследованных рыб было наибольшим. Данные табл. 2 указывают, у скольких рыб (в %) из числа исследованных встречались овоциты тех или иных фаз развития.

Видно, что хотя в 1957 г. степень развития гонад самок из обоих прудов и «сдвинулась на одну фазу», характер различия между ними остался тот же. Почти у всех рыб, живших в благоприятных условиях, гонады развиты одинаково. У тех же рыб, которые находились в обстановке повышенной плотности населения, обнаруживаются ясные индивидуальные отличия, и тем большие, чем менее благоприятными были условия существования. Такое расхождение в развитии гонад не связано с размерами рыб. Данные табл. 3 показывают отсутствие корреляции между весом тела и развитием гонад у самок из пруда № 2.

Таблица 3

Корреляционная решетка зависимости между весом тела (г) и развитием гонад у самок из пруда № 2 12 X 1957 г.

	10	15	20	25	30	35	40	45	50
D ₃	3	2	1	1	1	—	2	—	—
D ₄	2	—	—	—	—	—	—	—	1
D ₅	4	1	2	—	2	—	—	—	—
D ₆	—	3	—	—	—	1	—	—	—

Примечание. D₃ — D₆ — высшая фаза развития овоцитов у рыб данной группы.

Во-вторых, повышение плотности населения вызвало расхождение в степени развития гонад у отдельных особей популяции, и тем большее, чем выше плотность, т. е. чем ниже обеспеченность рыб пищей.

Московский технический институт
рыбной промышленности и хозяйства
им. А. И. Микояна

Поступило
20 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Л. Гербильский, Арх. анат. и эмбриол. 21, № 2 (1939).
² Б. Н. Казанский, Тр. Лаб. основ рыбоводства, 2 (1949). ³ В. А. Мейен, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1939). ⁴ В. А. Мейен, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2 (1944). ⁵ Г. В. Никольский, Сборн. Очерки по общ. вопр. ихтиол., Изд. АН СССР, 1953. ⁶ В. З. Трусков, Тр. Лаб. основ рыбоводства, 2 (1949). ⁷ Б. И. Черкас, Рыбоводство в естественных водоемах, М., 1956. ⁸ В. Э. Беккер, ДАН, 117, № 5 (1957).

Л. Н. СЕРАВИН

ИЗМЕНЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ *PARAMESCIUM CAUDATUM* В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СОЛЯМ CaCl_2 , NaCl и KCl

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 25 IV 1958)

Известно, что простейшие способны привыкать, адаптироваться к повышенному содержанию солей в среде. В результате такого приспособления резистентность этих организмов увеличивается, и тем сильнее, чем выше концентрация данного химического вещества в экспериментальном растворе (^{1,2}).

Как изменяется устойчивость простейших в ходе всего процесса адаптации к химическим веществам — этот вопрос почти совершенно не изучен (^{3,4}).

В настоящей работе рассматривается зависимость изменений резистентности парамеций от времени пребывания их в растворах с повышенным содержанием солей.

Методика. Клоны туфельек, употреблявшихся в опытах, культивировались в минеральной среде Лозина-Лозинского (⁵) (0,01% NaCl ,

Рис. 1. Изменение резистентности *Paramecium caudatum* к 1,8% раствору CaCl_2 после адаптации их к растворам этой соли (в процентах к контролю (*k*): 1 — парамеции из 0,6% раствора CaCl_2 , 2 — из 0,4% раствора CaCl_2 , 3 — из 0,3% раствора CaCl_2

0,001% CaCl_2 , 0,001% MgCl_2 , 0,001% KCl и 0,002% NaHCO_3) по методу, разработанному Александровым (⁶). Резистентность парамеций, помещенных в экспериментальный раствор (среда Лозина-Лозинского с повышенным содержанием CaCl_2 или NaCl , или KCl), и контрольных инфузорий (нормальная среда Лозина-Лозинского) измерялась обычным способом (⁷). Через разные промежутки времени после начала опыта парамеции помещались в летальные растворы солей (в 1,8% CaCl_2 в экспериментах по адаптации туфельек к растворам хлористого кальция или, соответственно, в растворы 1,2% NaCl и 1,5% KCl в опытах по адаптации инфузорий к NaCl и KCl), и определялось среднее время выживаемости этих инфузорий. Статистическая обработка подтвердила достоверность полученных данных.

Каждый опыт повторялся не менее 3 раз.

Результаты. Резистентность парамеций, помещенных в 0,6% раствор хлористого кальция, в течение первых 15—20 мин. уменьшается приблизительно в 2 раза. Затем она начинает восстанавливаться, и к исходу 1-го часа опыта достигает нормального уровня или даже превышает его (табл. 1). В дальнейшем устойчивость инфузорий продолжает возрастать и через 12 час. может в 4 (и более) раза превышать резистентность парамеций, находящихся в контрольной среде Лозина-Лозинского. Однако на этом процесс не заканчивается. В последующие 2—3 дня резистентность туфельек начинает быстро снижаться, пока не установится на некотором постоянном уровне, в 2,5—3 раза выше контрольного (рис. 1).

Таким образом, при повышении содержания CaCl_2 в среде Лозина-Лозинского до 0,6% резистентность парамеций к этой соли не просто возрастает, но изменяется фазно: I фаза — снижение резистентности, II фаза — возрастание резистентности, III фаза — установление нового постоянного уровня резистентности.

Аналогичные изменения устойчивости наблюдаются и у парамеций, помещенных в 0,4% раствор хлористого кальция. Только в этом случае фазность выражена слабее. В первые 10—15 мин. опыта резистентность туфелек снижается всего на 15—20% и уже через 30 мин. она полностью восстанавливается (табл. 1). В максимум II фазы (возрастание резистентности) устойчивость парамеций в этом случае превышает устойчивость контрольных инфузорий в 2—2,3 раза. Новый уровень резистентности достигается на 2 день опыта (рис. 1). Совсем слабо выражена фазность изменения резистентности у парамеций, находящихся в 0,3% растворе CaCl_2 (рис. 1, табл. 1).

Чем выше концентрация CaCl_2 в экспериментальном растворе, тем значительнее фазные изменения резистентности, наблюдаемые у парамеций.

Фазные изменения резистентности туфелек получены и в опытах по адаптации этих инфузорий к солям NaCl и KCl .

В 0,2% растворе NaCl в течение первых 20 мин. происходит снижение устойчивости туфелек более чем в 2 раза (табл. 1). Через 1—2 часа после начала опыта устойчивость парамеций восстанавливается. Продолжая возрастать, резистентность инфузорий из опытного раствора через 12—24 час. в 2—3 раза превышает устойчивость контрольных парамеций. В течение последующих 24 час. она снижается и устанавливается на новом уровне, оставаясь на 20—70% выше резистентности инфузорий из контрольной среды. В 0,1% растворе NaCl I фаза выражена слабо (табл. 1). Две остальные фазы наблюдаются четко.

В 0,1% растворе KCl первоначального снижения устойчивости парамеций установить не удалось. Во II фазу резистентность увеличивается в 1 сутки опыта на 40—50%, но затем, в последующие два дня, она снижается до контрольного уровня. Еще Дембовский⁽⁸⁾ отметил, что резистентность туфелек,

Таблица 1

Изменения резистентности парамеций в растворах CaCl_2 , NaCl , KCl в самом начале опыта (в минутах)

Экспериментальный раствор	Резистентность ($M \pm m$) парамеций после пребывания их в опытном растворе в течение:							Резистентность ($M \pm m$) контрольных парамеций	Раствор, по отношению к которому измерялась резистентность
	Резистентность ($M \pm m$) парамеций в течение:								
	5 мин.	10 мин.	15 мин.	20 мин.	30 мин.	60 мин.	180 мин.		
0,6% CaCl_2	$2,2 \pm 0,11$ $3,0 \pm 0,18$	$1,7 \pm 0,06$ $2,1 \pm 0,01$	$1,4 \pm 0,08$ $2,0 \pm 0,06$	$1,3 \pm 0,1$ $2,3 \pm 0,08$	$2,4 \pm 0,04$ $2, \pm 0,01$	$3,0 \pm 0,24$ $4,8 \pm 0,23$	$12,2 \pm 0,26$ $4,8 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,09$ $3,6 \pm 0,05$	1,8% CaCl_2 То же
0,4% CaCl_2	$2,7 \pm 0,1$ $2,7 \pm 0,08$	$2,1 \pm 0,06$ $2,3 \pm 0,13$	$2,3 \pm 0,14$ $2,2 \pm 0,11$	$2,1 \pm 0,12$ $3,0 \pm 0,13$	$3,0 \pm 0,09$ $3,0 \pm 0,13$	— $4,5 \pm 0,2$	— $4,0 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,11$ $2,7 \pm 0,11$	» »
0,3% CaCl_2	— —	$3,0 \pm 0,11$ $3,1 \pm 0,13$	$3,2 \pm 0,09$ $3,1 \pm 0,09$	$3,2 \pm 0,11$ $3,3 \pm 0,18$	$3,5 \pm 0,13$ $3,7 \pm 0,15$	$4,0 \pm 0,1$ $4,2 \pm 0,11$	— —	$2,9 \pm 0,06$ $2,9 \pm 0,06$	» »
0,2% NaCl 0,1% NaCl	$8,5 \pm 0,11$ $7,9 \pm 0,38$	$5,6 \pm 0,24$ $6,6 \pm 0,42$	$5,5 \pm 0,82$ $8,0 \pm 0,44$	$3,8 \pm 0,8$ $9,6 \pm 0,72$	$5,8 \pm 0,3$ $12,0 \pm 0,54$	— $14,1 \pm 0,9$	$31,1 \pm 0,33$ —	$8,3 \pm 0,35$ $8,3 \pm 0,35$	1,2% NaCl 1,2% NaCl

находившихся в растворах хлористого калия несколько дней, не увеличивается, и поэтому пришел к выводу, что к этой соли парамеции не способны привыкать. Однако нужно отметить, что в 0,1% растворе хлористого калия туфельки нормально живут и размножаются в течение длительного времени (в наших наблюдениях 30 дней). Это показывает, что несмотря на вторичное снижение резистентности, парамеции адаптировались, привыкали к этой соли.

Полученные результаты показывают, что вследствие приспособления парамеций к несмертельным концентрациям солей CaCl_2 , NaCl и KCl резистентность этих простейших после более или менее сильного увеличения ее во II фазу имеет тенденцию снижаться или даже полностью возвращаться к контрольному уровню (как это наблюдается в опытах с 0,1% KCl).

Поскольку во всех применявшихся нами экспериментальных растворах солей CaCl_2 , NaCl и KCl в течение опыта не наблюдалось отмирания простейших, следует сделать вывод, что фазные изменения резистентности объясняются не действием естественного отбора, но изменениями самих простейших.

Снижение устойчивости парамеций в первый период пребывания этих простейших в более сильных растворах солей не является еще собственно приспособительным изменением. Это — первичная реакция клеток на сильно действующий раздражитель. Поэтому в слабых растворах солей I фаза выражена слабо или совсем не наблюдается. Восстановлением резистентности инфузорий в начале II фазы начинается процесс приспособления, который (после сильного подъема устойчивости парамеций) приводит к установлению резистентности инфузорий на новом постоянном уровне.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
19 IX 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. И. Мечников, Невосприимчивость в инфекционных болезнях, 1901. ² Ch. Davenport, *Experimental Morphology*, 1908. ³ J. E. Daniel, *Am. J. Physiol.*, **23**, 1 (1908). ⁴ J. F. Daniel, *Science*, **27**, 690 (1908). ⁵ L. K. Losina-Losinsky, *Arch. f. Protistenk.*, **74**, 1 (1931). ⁶ В. Я. Александров, *Тр. Инст. цитол. и гистол.*, **3**, 1 (1952). ⁷ А. Ф. Орлова, *Зоол. журн.*, **20**, 3 (1941). ⁸ Я. Дембовский, *Изв. АН СССР, сер. биол.*, № 3, 181 (1942).

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Н. ЖОЛКЕВИЧ

**О СООТНОШЕНИИ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДЫХАНИЯ
И СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ПРИ ЗАСУХЕ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 23 V 1958)

Изучая особенности обмена веществ в зависимости от водоснабжения растений, мы обратили внимание на то, что при засухе сравнительно высокое дыхание, с одной стороны, и интенсивность физиологических процессов, в норме обычно тесно сопряженных с дыханием, — с другой, могут не соответствовать друг другу (¹⁻³). Подавление роста и биосинтезов, повреждение структуры протоплазмы, замедление передвижения веществ на фоне интенсивного дыхания, естественно, наводили на мысль о частичном выключении окислительных реакций из общего метаболизма, о расстройстве дыхательного обмена. Мысль о физиологическом обесценивании дыхания казалась тем более правдоподобной потому, что аналогичный разрыв между дыханием и сопряженными с ним процессами, в сущности, вызывается не только засухой, но и многими другими неблагоприятными воздействиями (⁴). Так, дыхание сохраняется на относительно высоком уровне или даже усиливается при действии анестезирующих и ядовитых веществ (⁵⁻¹²), недостаточном питании (^{13, 14}), супрамаксимальных температурах (¹⁵), чрезмерном охлаждении (^{4, 15}) и т. д., хотя синтетические процессы в то же самое время подавляются, а жизнедеятельность в целом угнетается. Интенсивное дыхание при подавленном пластическом обмене наблюдается также у организмов с отчетливыми признаками вырождения (^{16, 17}). Вместе с тем, реальная возможность дыхания «на холостом ходу» убедительно показана В. А. Энгельгардтом, образно назвавшим это явление «аэробным удушением» (¹⁸), а положение о неодинаковой продуктивности дыхания в различных условиях получает все большее признание (^{19, 20}).

При разборе литературных данных по влиянию недостаточного водоснабжения на дыхание нельзя не отметить известную их противоречивость. Многие авторы отмечали активирование дыхания, некоторые же, наоборот, ослабление. Однако такое несоответствие результатов становится понятным, если учесть большое разнообразие физиологических реакций в зависимости от конкретных условий обезвоживания, вызывающего подчас прямо противоположные изменения. Вполне естественно, что вряд ли возможно ожидать однотипной реакции растений на весьма различные воздействия, суммарно объединяемые в довольно сложное и не всегда определенное понятие засухи (²).

Существенное значение для оценки опытных данных имеет способ расчета. При засухе расчет интенсивности дыхания на единицу свежего веса вызывает некоторые сомнения в связи с уменьшением оводненности клеток, хотя во многих других случаях этот способ расчета является, по-видимому, достаточно надежным. При расчете на единицу сухого веса как будто устраняется погрешность за счет изменения оводненности. Но здесь возникают новые, гораздо более серьезные источники ошибок, так как значительная часть сухого веса приходится на долю различных ингредиентов, непосредственно не входящих в состав протоплазмы; в то же время один из компонентов протоплазмы — вода — не

учитывается. Поэтому способ расчета на сырой вес представляется более правильным, поскольку он исходит из суммарного веса всей живой ткани, хотя, конечно, он не тождествен расчету на единицу веса протоплазмы. Учитывая все это, мы решили не довольствоваться данными, полученными при расчете на единицу веса ткани, и вычислили интенсивность дыхания также и на единицу содержащегося в ткани азота — белкового и общего. При этом мы исходили из ведущей роли азота как основного строительного компонента протоплазмы.

Полученные результаты подтверждают возможность возрастания дыхания при засухе. В табл. 1 дается пример подобного расчета величины дыхания для

Таблица 1

Интенсивность дыхания листьев, рассчитанная различными способами

Растение	Условия опыта	Фаза вегетации	Ярус листьев, у которых определялось дыхание	Влажность почвы, % от полной влагоемкости	Поглощение кислорода, мл/час в пересчете на 1 г		
					сыр. веса ткани	общего азота	белков. азота
Яровая пшеница Лютеценс 758	Полевой опыт в Заволжье	Колошение	7	65—75 неполивн. вариант *	29,6 40,1	2984,2 3608,5	3201,6 3962,3
		Формирование зерна	7	65—75 неполивн. вариант *	31,1 42,6	2572,5 3659,3	2383,8 3093,3
Яровая пшеница Мелянопус 69	Вегетационный опыт	Трубкавание	6	70 35	72,2 74,2	7366,0 8951,5	8540,6 9322,8
				35	37,5	4940,2	5945,8
Яровая пшеница Б-55	Вегетационный опыт	Трубкавание	6	70 35	54,4 34,8	9214,7 6194,9	9 54,1 6763,9
				80 35	50,3	9747,6	10244,8
Сахарная свекла Рамонская 632	Вегетационный опыт	Период интенсивн. роста	5				

* Неполивной вариант; влажность почвы постепенно снижалась с 70% в момент появления всходов до 27% от полной влагоемкости к концу вегетации.

нескольких определений, сделанных как в условиях вегетационных опытов, так и в полевой обстановке. В последнем случае продолжительная и сильная почвенная засуха сочеталась с атмосферной; в вегетационных опытах изучалось влияние лишь длительной почвенной засухи, а атмосферной засухи не было. В вегетационных опытах дыхание определялось по Варбургу при 30°, в полевых — по Баркрофту при 28°.

В связи с возникшим предположением о снижении при засухе эффективности дыхания представлялось интересным проследить за содержанием фосфорилированных соединений, которым отводится столь важная роль в аккумуляции и трансформации энергии (18, 20, 21). Установлено, что некоторые неблагоприятные воздействия нарушают сопряженность между дыханием и фосфорилированием (18, 22, 23). Вместе с тем считается возможным судить об эффективности дыхания по образованию фосфорорганических эфиров (24). Поэтому параллельно с измерением дыхания мы провели определение соединений так называемой кислотнорастворимой фракции, включающей в себя фосфорные эфиры, АТФ, АДФ, адениловую кислоту, фосфопиридиннуклеотиды, фосфоглицериновые кислоты и ряд других фосфорилированных промежуточных продуктов (25, 26). Для извлечения веществ данной фракции производилось двукратное экстрагирование сухого материала (фиксация осуществлялась в аппарате Коха) 5%-й трихлоруксусной кислотой на холоду. Далее фракционирование велось по схеме Мешковой и Алексахиной (26). Фосфор определялся по Фиске—Суббароу.

Опыты ставились на протяжении трех лет (1955—1957 гг.) с сахарной свеклой, пшеницей, огурцами и тыквой. Растения выращивались в металличе-

ских сосудах Вагнера при различной влажности почвы. В основном сравнивались два крайних варианта — с оптимальным водоснабжением и при продолжительной почвенной засухе. Дыхание и содержание фосфорилированных соединений определялось в течение всей вегетации. Для определений брались как взрослые листья средних ярусов, так и верхние, интенсивно растущие листья.

Рост растений при засухе сильно тормозился, а урожай снижался в несколько раз. Так, например, при влажности почвы, равной 80% от полной влагоемкости, корнеплод сахарной свеклы в момент уборки в 1957 г. весил 361 г., а при 30% его вес упал до 51 г.

Оказалось, что в подавляющем большинстве случаев более высокому дыханию растений, испытывавших водный дефицит, соответствовало пониженное содержание фосфорорганических веществ кислотнорастворимой фракции. Выборка данных по их суммарному содержанию приводится в табл. 2.

Таблица 2

Влияние почвенной засухи на содержание фосфорорганических соединений кислотнорастворимой фракции в листьях*

Растение	Год постановки опыта. Фаза вегетации	Ярус листьев, у которых проводилось определение	Влажность почвы, % от полн. влагоемкости	Сумма фосфорорганич. соедин., $\mu\text{г}$ Р на 1 г сух. веса
Сахарная свекла Рамонская 632	1955 г. Показывается лист 5-го яруса	3 (рост в основном закончен)	80	633,5
			40	369,7
		4 (интенсивно растущий)	80	937,7
			40	305,7
	1955 г. Растения имеют по 7—8 ярусов листьев	5	80	923,6
			35	620,2
	1956 г. Начало периода сахаронакопления	Листья средних ярусов	80	552,5
			35	268,8
	1956 г. Период сахаронакопления	То же	80	301,7
			35	278,8
Яровая пшеница Б-55	1957 г. Период сахаронакопления	»	80	571,2
			30	11,4
		6	70	200,5
			35	152,2
Огурцы Неросимые	1955 г. Трубкавание	1	65	245,7
			15	188,7
		2	65	753,5
			15	610,7

* Во всех приводимых опытах листья растений при недостаточном водоснабжении имели повышенное дыхание (по O_2) и содержали большее количество простых сахаров.

Конечно, определенное место в поддержании баланса этих веществ должно было принадлежать также фотосинтетическому фосфорилированию; последнее же при почвенной засухе замедляется (²⁹). Но независимо от происхождения фосфорилированных продуктов конечный результат сводился к ухудшению их баланса, и, следовательно, повышенное дыхание при засухе протекало на фоне уменьшения общего запаса соединений, играющих первостепенную роль в энергетическом обмене,

Для физиологической оценки подобного явления необходимо, как нам представляется, иметь в виду следующие обстоятельства.

1. Уменьшению содержания фосфорных эфиров сахаров в наших опытах всегда сопутствовало накопление (часто весьма значительное) простых

сахаров. Такое соотношение между фосфорилированными и простыми сахарами может, по-видимому, свидетельствовать об ослаблении углеводного фосфорного обмена (27).

2. В оптимальных условиях водоснабжения наиболее интенсивно дышали молодые, растущие листья. Вместе с тем, именно эти листья содержали наибольшее количество фосфорорганических соединений кислотнорастворимой фракции. С возрастом содержание последних неизменно падало (табл. 2 и рис. 1).

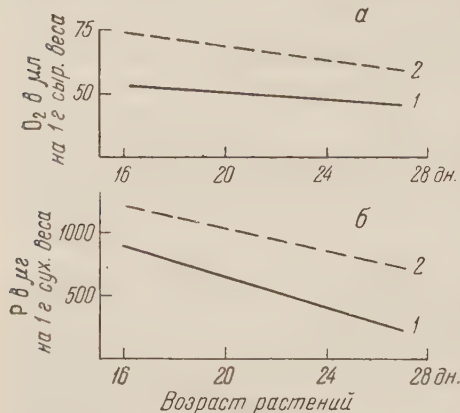


Рис. 1. Интенсивность дыхания (а) и содержание фосфорорганических соединений кислотнорастворимой фракции (б) в листьях проростков огурцов в связи с возрастом. 1 — листья 1-го яруса; 2 — листья 2-го яруса

Все эти факты и соображения свидетельствуют в пользу предположения о менее тесной сопряженности в условиях почвенной засухи окислительных реакций и процессов аккумуляирования и трансформации получаемой энергии, т. е. о снижении в данном отношении эффективности дыхания.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Поступило
22 V 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Н. Жолкевич, Физиология растений, 2, 123 (1955).
- ² В. Н. Жолкевич, Сборн. Биол. основы орошаем. земледелия, Изд. АН СССР, 1957, стр. 519.
- ³ В. Н. Жолкевич, Л. Д. Прусакова, А. А. Лизандр, Физиол. раст., 5, № 4 (1958).
- ⁴ В. Н. Жолкевич, Диссертация, Инст. физиол. раст. им. К. А. Тимирязева АН СССР, 1952; Тр. Инст. физиол. растений им. К. А. Тимирязева, 9, 3 (1955).
- ⁵ Н. В. Морковин, Влияние анестезирующих и ядовитых веществ на дыхание высших растений, Варшава, 1902.
- ⁶ В. Залеский, Зап. Ново-Александрийск. инст. сельск. хоз. и лесоводства, 15, в. 2, Варшава (1902).
- ⁷ Д. Л. Рубинштейн, Общая физиология, 1947.
- ⁸ З. М. Эйдельман, С. Лаврук, Сборн. памяти акад. В. Н. Любименко, Киев, 1938, стр. 285.
- ⁹ А. И. Опарин, Н. С. Гельман, ДАН, 85, 1357 (1952).
- ¹⁰ И. И. Гунар, М. Я. Березовский, Химические средства борьбы с сорняками, 1952.
- ¹¹ К. Т. Сухоруков, К. М. Малышева, Бюлл. Гл. бот. сада, в. 22, 47 (1955).
- ¹² К. Т. Сухоруков, Бюлл. Гл. бот. сада, в. 28, 54 (1957).
- ¹³ В. В. Барбарин, Л. М. Соловьева, ДАН, 31, № 1 (1941).
- ¹⁴ И. М. Толмачев, Тр. Инст. физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, 10, 192 (1955).
- ¹⁵ A. J. Ewart, J. Linn. Soc. London, Botany, 31, 364 (1896).
- ¹⁶ Г. Б. Савельев, А. П. Коников, Е. А. Штерн, Микробиология, 24, 400 (1955).
- ¹⁷ Б. А. Быстров, А. П. Павлова, Э. А. Фалькенберг, Физиол. раст., 3, 185 (1956).
- ¹⁸ А. Е. Браунштейн, Усп. совр. биол., 39, 18 (1955).
- ¹⁹ В. Джеймс, Дыхание растений, ИЛ, 1956.
- ²⁰ М. В. Федоров, Микробиология, 26, 232 (1957).
- ²¹ В. А. Энгельгардт, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2 (1945).
- ²² M. J. Middlebrook, Enzymologia, 18, 337 (1957).
- ²³ М. Н. Мейселе, Сборн. Действие облучения на организм, Изд. АН СССР, 1955, стр. 78.
- ²⁴ N. S. Alon, J. Marks, J. E. Varner, Nature, 180, 1142 (1957).
- ²⁵ В. Умбрейт, Р. Буррис, Д. Штауффер, Манометрические методы изучения тканевого обмена, ИЛ, 1951.
- ²⁶ Н. П. Мешкова, Н. В. Алексина, Усп. биол. хим., 2, 277 (1954).
- ²⁷ О. А. Павлинова, ДАН, 83, 597 (1952).
- ²⁸ Н. А. Максимов, Избр. работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений, 1, Изд. АН СССР, 1952.
- ²⁹ И. А. Тарчевский, Диссертация, Казанский гос. ун-в., 1958.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. Г. САЛЬКОВА и Н. П. КОРАБЛЕВА

**О НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЯХ В ГЛАЗКАХ КАРТОФЕЛЬНЫХ КЛУБНЕЙ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 5 V 1958)

К настоящему времени накоплен обширный материал о том, что облучение картофеля рентгеновскими и γ -лучами при дозах свыше 5000 г задерживает прорастание клубней (¹⁻⁴). По-видимому, облучение приводит к ряду нарушений физиолого-химических процессов, протекающих в точках роста клубней, вследствие чего прорастание либо сильно задерживается (при дозе 5000 г), либо совершенно подавляется (при дозах свыше 10 000 г). Между тем, эта сторона действия облучения на клубни картофеля почти не изучена.

Из литературных источников известно, что облучение растений дозами в несколько десятков тысяч рентген не убивает точку роста, хотя и лишает растение способности к нормальному развитию (⁴⁻⁶). Дыхание облученных растений снижается в большей или

меньшей степени в зависимости от дозы облучения и возраста растения: на молодые проростки облучение оказывает значительно более сильное влияние, чем на взрослые растения. Запасные органы растений — клубни, корнеплоды, луковицы — реагируют на облучение повышением интенсивности дыхания, которая через несколько дней возвращается к исходному уровню (^{4, 6, 7}).

В настоящей работе приведены наблюдения над некоторыми физиологическими и морфологическими изменениями в глазках картофельных клубней после облучения их радиоактивным кобальтом.

Прямые цитологические наблюдения, проведенные нами, показали, что точки роста клубней остаются живыми после облучения дозой 50 000 г.

Глазки картофельных клубней реагируют на облучение изменением интенсивности дыхания, причем степень реакции зависит от дозы облучения (табл. 1).

Облучение дозами 2000 и 5000 г вызывает некоторый подъем дыхания глазков. Как показали наши наблюдения, эти дозы лишь тормозят прорастание клубней — после некоторой задержки клубни, облученные дозами 2000 и 5000 г, прорастают. Облучение дозами, полностью подавляющими прорастание, приводит к снижению интенсивности дыхания. При дозах 10 000—20 000 г дыхание понижается на 10—15%, повышение дозы облучения влечет за собой прогрессивное снижение дыхания глазков. После облучения дозой 160 000 г дыхание глазков уменьшается более чем в 2 раза по сравнению с контролем.

Таблица 1

Интенсивность дыхания глазков картофельных клубней в зависимости от дозы облучения (в $\mu\text{л O}_2$ и CO_2 на 1 г в час)

Доза облучения, г	Поглощение O_2	Выделение CO_2
Контроль	252,1	260,8
2000	307,2	288,9
5000	287,4	241,9
10000	224,6	208,7
20000	216,5	195,0
55000	176,9	168,4
75000	144,0	122,7
160000	113,2	95,0

Дыхание глазков облученных клубней не возвращается к исходному уровню (табл. 2).

Таблица 2

Дыхание тканей клубня после облучения (в $\mu\text{л O}_2$ и CO_2 на 1 г в час при 25°)

Ткань	Доза, г	Показатель	Перед облуч.	После облучения. Сроки в днях				
				2	5	7	10	25
Глазки	10000	Поглощ. O_2	198	179	185	—	129	—
		Выдел. CO_2	179	165	174	155	144	—
	20000	Поглощ. O_2	238	202	207	213	195	—
		Выдел. CO_2	218	—	—	—	182	—
Мякоть	10000	Поглощ. O_2	64	82	89	85	72	65
		Выдел. CO_2	62	79	—	—	68	64
	20000	Поглощ. O_2	64	102	95	99	83	72
		Выдел. CO_2	62	96	89	74	89	85

Таблица 3

Активность окислительных ферментов в глазках картофельных клубней (полифенолоксидаза в $\mu\text{л O}_2$ на 1 г за 15 мин., пероксидаза в единицах по Бояркину)

от	Доза, г	Полифенолоксидаза			Пероксидаза		
		Спустя различные сроки после облучения					
		1 сутки	4 мес.	8 мес.	1 сутки	4 мес.	8 мес.
Лорх	Контроль 10000	258	240	312	3,3	4,0	4,0
		250	219	261	3,4	2,66	3,3
Приекуль- ский	Контроль 10000	204,1	284,0	382,0	4,7	3,0	4,5
		210,5	243,0	246,0	4,7	2,2	2,3

Одновременное определение дыхания мякоти облученных клубней показало, что уровень дыхания этой ткани возрастает в течение 2—5 дней после облучения, затем постепенно снижается и через 25—30 дней возвращается к исходному.

Ход изменений дыхания мякоти клубней в наших опытах аналогичен полученному другими авторами для целых клубней, облученных теми же дозами (^{4,7}). Поскольку глазки составляют лишь незначительную часть клубня, понижение их дыхания после облучения не сказывается на уровне дыхания целого клубня.

Таким образом, ткани, различные по своим физиологическим функциям, обладают и различной радиочувствительностью, причем более радиочувствительными оказались меристематические ткани глазков.

Сразу после облучения не удается обнаружить изменений в активности

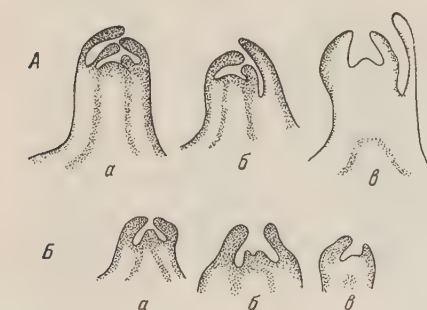


Рис. 1. Схематическое распределение ферментов в глазках облученных и контрольных клубней. А — полифенолоксидаза, Б — пероксидаза. а — контроль, б — через 5 дней после облучения дозой 10 000 г, в — через 1 мес. после облучения дозой 10 000 г

окислительных ферментов ни химическим, ни цитохимическим методами. По-видимому, это связано с высокой устойчивостью окислительных ферментов, отмеченной многими авторами (⁶). Различия в активности окислительных ферментов выявляются только спустя длительное время после облучения (табл. 3).

Цитохимически различия в распределении и активности ферментов были получены через месяц после облучения (рис. 1). Как видно из рис. 1 и 2, строение глазков облученного и контрольного клубней сильно различается. В то время как в контроле идет быстрое образование листовых зачатков и увеличение объема всего глазка, в облученном глазке происходит лишь некоторое разрастание листовых зачатков, заложенных еще до облучения. Размеры облученного глазка увеличиваются главным образом за счет растяжения существующих клеток, а не их деления. Наблюдаемые различия в активности ферментов и обусловлены, по-видимому, физиологическим состоянием глазков.

Одним из показателей выхода клубней из состояния покоя является подкисление протоплазматических коллоидов (8). При облучении, напротив, происхо-

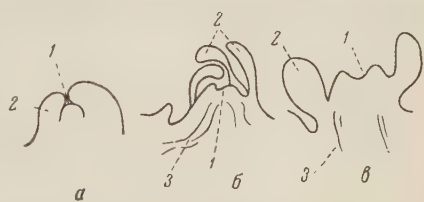


Рис. 2. Точки роста контрольных и облученных клубней. а — в покое (ноябрь), б — в начале роста (апрель), в — после облучения дозой 10 000 г в ноябре. 1 — туника, 2 — листовые зачатки, 3 — прокамбий

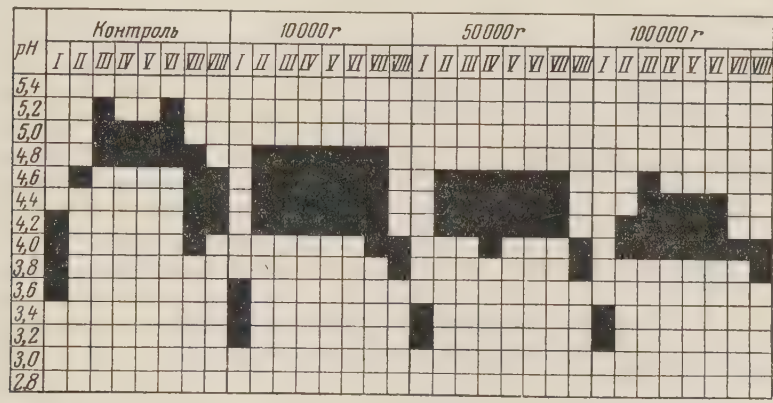


Рис. 3. Смещение ИЭТ в тканях глазка при облучении различными дозами. I — эпидермис, II — туника, III — инициалы корпуса, IV — прокамбий, V — вторичная меристема, VI — центральная стержневая меристема, VII — листовые зачатки, VIII — коровая паренхима

дит подщелачивание белковых коллоидов. Как видно из рис. 3, изоэлектрическая зона белков смещается в кислую сторону. Наибольшее смещение вызывается дозой 10 000 г, дальнейшее увеличение дозы облучения оказывает меньшее влияние. Различие в положении изоэлектрических зон белков у контрольных и облученных клубней сохраняется в течение длительного времени, становясь особенно заметным при выходе контрольных клубней из состояния покоя.

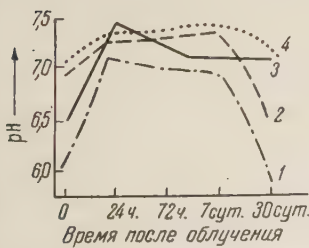


Рис. 4. Изменения внутриклеточного pH при облучении дозой 10 000 г. 1 — эпидермис, 2 — инициалы корпуса, 3 — туника, 4 — центральная стержневая меристема

облучение дозой 10000 г. У одних тканей (эпидермис, инициалы корпуса, центральная стержневая меристема) после временного

Со сдвигом изоэлектрической зоны в кислую сторону, т. е. с подщелачиванием белков, тесно связано изменение внутриклеточного pH. Облучение вызывает подщелачивание меристематических тканей глазка, причем наибольший эффект наблюдается в первые сутки после облучения (рис. 4). На рис. 4 показана различная реакция тканей глазка на

повышения рН возвращается к исходному уровню, у других (туника) остается повышенным в течение длительного времени. рН целого глазка, определяемый потенциометрически, повышается после облучения. Даже спустя 3 мес. после облучения рН глазков оказывается более щелочным, чем в

Таблица 4
Изменение рН и Eh глазков после облучения

Доза, г	Спустя различные сроки после облучения			
	3 мес.	7 мес.	3 мес.	7 мес.
Контроль	5,6	4,7	375	448
5000	6,45	5,75	378	389
10000	6,1	5,95	363	375

зателей физико-химических свойств плазмы в глазах облученных клубней происходят в том же направлении, что и в контрольных. Это указывает на то, что облученные глазки остаются живыми и сохраняют в большей или меньшей степени способность к росту.

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что облучение приводит к серьезным изменениям ряда процессов в меристематических тканях клубней. Однако изменения физико-химических свойств и уровня окислительных процессов не исчерпывают всей сложности проблемы действия облучения на меристематические ткани. Несомненно, большую роль играют нарушения в нуклеиновом обмене, изучение которых проводится нами в настоящее время.

Пользуемся случаем выразить глубокую благодарность Б. А. Рубину и Л. В. Метлицкому за руководство настоящей работой.

Институт биохимии им. А. Н. Баха
Академии наук СССР

Поступило
3 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. В. Метлицкий, Б. А. Рубин, В. Г. Хрущов, Докл. на Всесоюз. научно-техн. конф. по изотопам и излучениям, М., 1957, стр. 127. ² A. H. S p a r g o w, E. C h r i s t e n s e n, Nucleonics, 12, № 8 (1954). ³ R. R. S a w e r, S. L. D a l l y n, Am. Potato J., 32, 141 (1955). ⁴ Ю. В. Ракитин, А. В. Крылов, Физиол. раст., 4, 82 (1957). ⁵ Н. И. Березина, Докл. на Всесоюз. научно-техн. конф. по изотопам и излучениям, М., 1957, стр. 55. ⁶ Е. В. Будницкая, Усп. совр. биол., 43, 280 (1957). ⁷ A. S. S u s s m a n, J. Cell. Comp. Physiol., 42, 273 (1953). ⁸ В. И. Успенская, Биол. журн., 3, 619 (1934).

А. В. ПОГРЕБКОВА

РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ У ВЗРОСЛЫХ СОБАК ПОСЛЕ ОДНОМОМЕНТНОГО ВЫКЛЮЧЕНИЯ В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ ДИСТАНТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ

(Представлено академиком К. М. Быковым 5 IV 1958)

В разрабатываемой школой акад. К. М. Быкова ⁽⁶⁾ проблеме корковой регуляции жизненных процессов большое значение приобретают исследования корковой компенсации функций, нарушенных в связи с выключением периферических концов дистантных анализаторов.

Из литературных данных ^(7,1) известно, что одновременное выключение трех дистантных рецепторов у взрослых собак приводит к значительному снижению тонуса мозговой коры. Однако в дальнейшем ^(2,3-13) было установлено, что последовательное лишение животных аналогичных рецепторов не приводит к столь резкому падению тонуса, и можно наблюдать явления некоторой компенсации утраченных функций. При этом оказалось, что чем моложе животное, подвергшееся операции выключения, тем легче проявляется указанная компенсация ^(4,5,15). Так, по данным Сергиевского с сотр. ^(20,9,14), лишение животных во взрослом состоянии зрения, слуха и обоняния приводило к снижению чувствительности их к углекислоте, а также к нарушению градуальной перестройки дыхания соответственно изменениям внешней среды.

В связи с изучением нами функциональной структуры внутреннего анализатора, а именно коркового представительства дыхательной функции ⁽¹⁷⁻¹⁹⁾, мы провели ряд исследований дыхательных рефлексов у взрослых животных, у которых одновременное выключение периферических концов дистантных анализаторов было произведено еще в раннем онтогенезе.

Методика. Опыты проводились на трех собаках в специальной камере. В качестве раздражителя дыхательной системы применялась (в течение 1—2 мин.) углекислота в концентрации от 1 до 6%.

В 2 1/2 — 3-месячном возрасте щенятам Серому, Рыжему и Игреку была произведена операция одномоментного выключения зрения, слуха и обоняния (у Рыжего после операции обоняние оказалось частично сохранным).

В опыты по изучению дыхательных реакций собаки были взяты в возрасте около 1 года. В этом периоде у животных проявились достаточная двигательная активность и высокая пищевая возбудимость.

Результаты исследований. Прежде всего обращает на себя внимание факт значительного замедления ритма дыхания в условиях обычной жизнедеятельности оперированных животных. Так, у Серого наблюдались 6—8 дыхательных движений в минуту, у Игрека — около 10 и у Рыжего 12—13. Дыхание животных учащалось лишь при значительном двигательном беспокойстве. Оперированным собакам оказалась свойственна ступенчатость дыхательных движений — явление, характерное, по мнению некоторых авторов ⁽⁸⁾, для животных с удаленной корой больших полушарий.

Исследования, проведенные на Сером и Игреке, показали, что вдыхание воздуха, содержащего избыток углекислоты (от 1 до 6%), вызывает у собак дыхательный рефлекс значительно меньший, чем это наблюдалось у здоровых животных, как по частоте, так и по глубине дыхательных движений. Латентный период при этом составлял около 30—40 сек. Во время вдыхания газовой смеси собаки либо стояли неподвижно, либо проявляли очень слабую двигательную реакцию.

Особый интерес представляет тот факт, что увеличение легочной вентиляции, обусловленное вдыханием углекислоты, бывало не только мало, но и кратковременно: в большинстве случаев можно было наблюдать снижение вентиляции и возвращение дыхания почти к исходному уровню еще до того, как содержание углекислоты в камере могло существенно измениться (рис. 1 А). Испробованная через несколько минут углекислота той концентрации, при которой дыхание стало урежаться, снова давала реакцию, подобную предыдущей.

Вместе с тем необходимо отметить, что у Рыжего (собаки более подвижной и возбудимой, чем Серый и Игрек) снижение чувствительности к углекислоте наблюдалось лишь при применении малых ее доз (1—2%). Углекислота же в концентрации 4—6% вызывала реакцию, близкую по характеру и продолжительности к таковой у неоперированных собак. Возможно, что такое отличие гиперкапнических реакций Рыжего от реакций других оперированных собак объясняется тем, что обоняние у него было выключено неполностью, однако вопрос этот требует специального исследования с учетом типологических особенностей животного.

Для выяснения роли корковых, условнорефлекторных факторов в осуществлении дыхательных реакций мы попытались образовать у собак дыхательные условные рефлексы на кожное раздражение (касалку) при вдыхании воздуха, содержащего 4—6% углекислоты. Процесс выработки дыхательных рефлексов у оперированных животных протекал очень медленно. Если для образования аналогичных рефлексов у нормальных собак требовалось всего лишь 2—4 сочетания (¹⁹), то для выявления четкой условной реакции у Рыжего потребовалось около 25 сочетаний, у Игрека — свыше 35 и у Серого — свыше 80. При этом была обнаружена следующая закономерность: первые признаки образовавшейся дыхательной временной связи на применение условного раздражителя выявились не изолированно, а в момент осуществления безусловной реакции на углекислоту. На рис. 1Б представлены кимограммы соответствующего опыта. Углекислота в концентрации 5,2% в первом случае (а) вызвала характерную слабую дыхательную реакцию, в сочетании же с действием условного раздражителя углекислота в той же концентрации дала значительно больший эффект на дыхание, очень близкий к тому, какой наблюдается у неоперированных собак. В дальнейшем же, после большого числа сочетаний, дыхательный условный рефлекс стал проявляться и во время действия условного раздражителя, выражаясь обычно как в увеличении амплитуды дыхательных движений, так и в учащении их. У Рыжего, однако, со временем выявилось иное соотношение. Кратковременное (30—40 сек.) применение касалки — сигнала гиперкапнической реакции — после 45—50 сочетаний стало вызывать резкое нарушение дыхания (рис. 1В), причем, раз возникнув, гипервентиляция длилась очень длительное время (до 10 мин. и дольше) — до тех пор, пока не изменялась вся обстановка опыта. Перерывы в работе обычно способствовали устранению этого явления. Однако после введения в опыт углекислоты или сигналов, связанных с гиперкапнией, возбуждение дыхательного центра снова принимало застойный характер.

Одновременно следует отметить, что если у нормальных собак дыхательные условные рефлексы отличались прочностью и угасали постепенно, в течение нескольких месяцев, то у Серого и Рыжего (Игрек погиб от чумы в 1 1/2-летнем возрасте) этот рефлекс исчезал, как правило, после 20—30 неподкреплений. Вместе с тем он каждый раз выявлялся вновь после длительных (до 2 мес.) перерывов в работе (в течение 5—7 мес.).

У собак, лишенных огромного количества внешних раздражений и в связи с этим обладающих пониженным тонусом коры полушарий, очень четко выявилась зависимость величины и характера гиперкапнической реакции от различных колебаний этого тонуса. Так, в первый период работы по ходу опыта отмечалось развитие у животных состояния угнетения как двигательных, так и дыхательных реакций: собака постепенно обвисала

в ляжках, дыхание становилось еще более редким. Если в начале опыта реакция на условный раздражитель и углекислоту была достаточно выра-

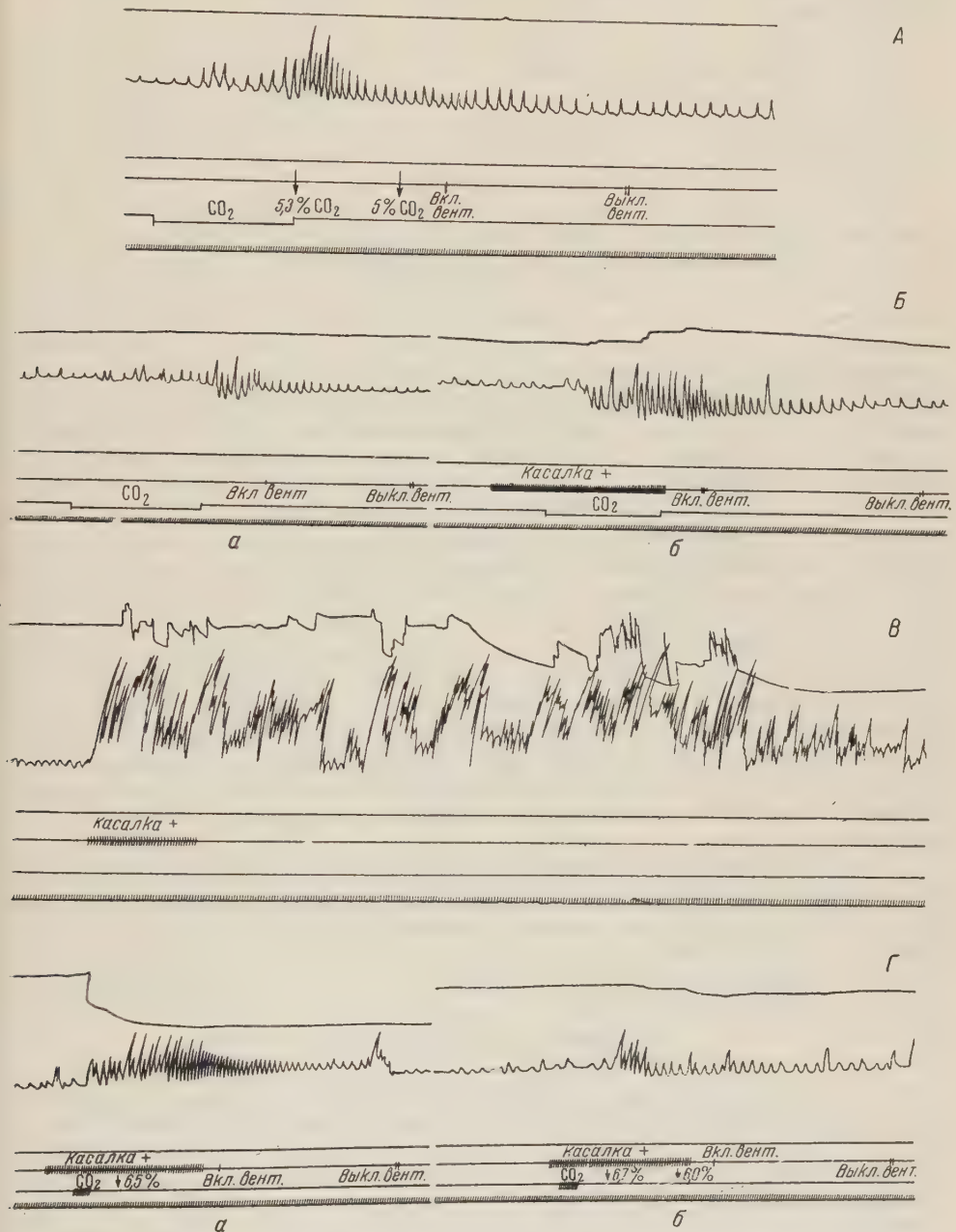


Рис. 1. Сверху вниз: движения животного, дыхание, отметка условного раздражения, отметка безусловного раздражения, отметка времени в сек. «Вкл. вент.» — включение вентиляции; «выкл. вент.» — выключение вентиляции; на рис. В каждой черточке на линии безусловного раздражителя соответствует 5 л «чистой» CO₂. Объяснение в тексте

женной (рис. 1Г, а), то к концу его, при развитии указанных явлений, те же раздражители (рис. 1 Г, б) — касалка и углекислота в концентрации около 6% — вызвали очень слабое изменение со стороны дыхания, животное продолжало висеть в ляжках. Введение в опыты подкармливания собак

с последующим образованием пищевых условных рефлексов оказало тонизирующее влияние: собаки в течение всего опыта находились в бодрствующем состоянии, дыхательные реакции стали соответствовать их первоначальному уровню.

З а к л ю ч е н и е. У взрослых собак после одномоментного выключения в раннем возрасте зрения, слуха и обоняния проявлялись относительная двигательная активность и способность образовывать пищевые, дыхательные, а также дыхательные условные рефлексы. Вместе с тем, деятельность дыхательной системы в этих же условиях оказалась значительно нарушенной: при сильных, экстренных изменениях газового состава вдыхаемого воздуха организм был не в состоянии проявить приспособительные реакции. Низкий тонус коры больших полушарий, понижение предела работоспособности ее клеток, явившиеся результатом одновременного выпадения деятельности дистантных анализаторов, обусловили измененную деятельность и внутреннего анализатора. Инертность нервных процессов выразилась в низкой реактивности организма на действие такого сильного раздражителя, каким является углекислота, а также в трудности образования временных связей, способствующих нормализации нарушенной дыхательной функции. У Серого и Игрека указанная инертность корковых процессов проявилась в постоянном и стойком преобладании процесса торможения в деятельности дыхательного центра. Кратковременность гипервентиляции, которую мы наблюдали при продолжающемся поступлении в организм углекислоты, также была обусловлена слабостью корковых клеток, их раздражительного процесса. У Рыжего же, говоря словами И. П. Павлова (16), «взял ненормальный перевес раздражительный процесс», который проявился также в неполноценной, неадекватной деятельности дыхательного центра: чрезмерном, застойном возбуждении его после действия сигнала поступления углекислоты на фоне вдыхания воздуха нормального состава. Вместе с тем необходимо отметить, что применение условных сигналов гиперкапнического состояния в те периоды, когда тонус коры после определенных воздействий оказывался несколько повышенным, в большинстве случаев способствовало проявлению более адекватной реакции дыхательного центра на поступление в организм углекислоты.

Таким образом, наблюдения, проведенные на животных, лишенных дистантной рецепции в раннем возрасте, позволяют выявить некоторые формы регуляции дыхания со стороны коры больших полушарий при различных ее состояниях.

Институт физиологии им. И. П. Павлова
Академии наук СССР

Поступило
25 III 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. С. Абуладзе, Тез. докл. 15 Международн. конгресса физиологов, 1935.
² Э. Ш. Айрапетьянц, Журн. высш. нервн. деят., 5, в. 6 (1955). ³ Э. Ш. Айрапетьянц, Сборн. Пробл. физиол. центр. нервн. сист., посвящ. 70-лет. акад. К. М. Быкова, 1957. ⁴ Э. Ш. Айрапетьянц, Н. А. Моисеева, Проблемы физиол. раннего постнат. периода человека и млекопит., Тез. докл. Чехослов. АН Либлице у Праги, 1956. ⁵ Э. Ш. Айрапетьянц, Н. А. Моисеева, Бюлл. эксп. биол. и мед., № 10 (1957). ⁶ К. М. Быков, Кора головного мозга и внутренние органы, Киров, 1943. ⁷ В. С. Галкин, Арх. биол. наук, 23, в. 1—2 (1933). ⁸ Т. И. Горюнов, в кн. Проблема реактивности в патологии, 1954. ⁹ Ю. Н. Иванов, Матер. к докл. Поволжской конфер. физиол., биохим. и фармакол., Куйбышев, 1957. ¹⁰ В. А. Кисляков, Журн. высш. нервн. деят., 6, в. 3 (1956). ¹¹ Л. В. Лобанова, Тез. и реф. докл. 16 Совещ. по пробл. высш. нервн. деят., М.—Л., 1953. ¹² Л. В. Лобанова, ДАН, 108, № 2 (1956). ¹³ Л. В. Лобанова, ДАН, 115, № 4 (1957). ¹⁴ Н. Н. Михайлова, Тр. Куйбышевск. мед. инст., 1957. ¹⁵ Н. А. Моисеева, Матер. 3 Научн. конфер. по вопр. возрастн. морфол., физиол., биохим., 1957. ¹⁶ И. П. Павлов, Полн. собр. соч. 3, кн. 2, 1951, стр. 253. ¹⁷ А. В. Погребкова, ДАН, 73, № 1 (1950). ¹⁸ А. В. Погребкова, Тр. Инст. физиол. им. И. П. Павлова АН СССР, 1 (1952). ¹⁹ А. В. Погребкова, Вопр. физиол. интероцепции, в. 1 (1952). ²⁰ М. В. Сергиевский, Н. Н. Михайлова, В. П. Мачинская, Сборн. Пробл. физиол. центр. нервн. сист., посвящ. 70-лет. акад. К. М. Быкова, 1957.

А. И. ЗОТИН

ФЕРМЕНТ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОБОЛОЧЕК У ЯИЦ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

(Представлено академиком В. А. Энгельгардтом 21 IV 1958)

На яйцах морских ежей (¹⁻³), осетровых рыб (⁴), лососевых рыб (⁵) и костистой рыбы *Oguzias latipes* (⁶) было установлено, что после оплодотворения или активации яйцом выделяются какие-то вещества, которые вызывают затвердевание или уплотнение яйцевых оболочек. Для яиц лососевых рыб это заключение вытекало из опытов, в которых было показано, что оболочки, снятые с неактивированных яиц, затвердевают значительно медленнее, чем оболочки нормально развивающихся яиц (⁵). Можно и прямыми опытами показать, что в перивителлиновой жидкости только что оплодотворенных яиц лососевых рыб имеется вещество, вызывающее затвердевание оболочек неактивированных яиц.

Работа проводилась с зародышами озерного лосося (*Salmo salar* m. sebago Girard) и форели (*S. trutta* m. *lacustris* Linné) в 1956 и 1957 гг. на Свирском рыбноводном заводе. Прочность оболочек измеряли с помощью прибора Грея (⁷) и прибора, описанного раньше (⁵). В первом случае прочность оболочек выражали в граммах, во втором — в граммах на квадратный сантиметр. Опыты были поставлены следующим образом. В лунки, сделанные на дне парафиновой ванночки, помещали по 3 капли воды и перивителлиновую жидкость, взятую от 10 яиц форели через 30—60 мин. после оплодотворения. Перивителлиновую жидкость получали через прокол в оболочке яйца. Затем в лунки помещали оболочки, снятые с неактивированных яиц в 0,1 N растворе NaCl. Прочность этих оболочек была измерена через 10 час. после помещения в лунки. Контролем служили: оболочки, снятые с неактивированных яиц, и оболочки, снятые с яиц через 10 час. после оплодотворения, в момент определения прочности опытных оболочек. Кроме того, была измерена активность перивителлиновой жидкости через 27 час. после ее получения из оплодотворенных яиц и активность перивителлиновой жидкости контрольных яиц через 27 час. после оплодотворения. Как видно из табл. 1, в перивителлиновой жидкости оплодотворенных яиц форели имеется вещество, вызывающее затвердевание оболочек (№ 3), которое частично инактивируется через 27 часов как в воде (№ 4), так и в перивителлиновой жидкости целых яиц (№ 5). Повторные опыты показали, что это вещество не инактивируется через 4 и 8 час. (при 5,7°) и инактивируется через 30 час. Оказалось также, что это вещество не проходит через яйцевую оболочку и инактивируется температурой в 30° при нагревании перивителлиновой жидкости, полученной от яиц через 30—60 мин. после оплодотворения, в течение 5 мин. (рис. 1).

Как известно (^{7, 11}), оболочки яиц лососевых рыб легко проницаемы для воды, солей и высокодисперсных коллоидов и непроницаемы для низкодисперсных коллоидов. Таким образом, вещество, выделяемое яйцом после оплодотворения и вызывающее затвердевание оболочек у зародышей лососевых рыб, является высокомолекулярным, нестойким соединением, быстро инактивируемым высокой температурой, что дает основание считать это вещество ферментом. Следует отметить, что фермент затвердевания может, по-видимому,

инактивироваться и тогда, когда он находится еще в цитоплазме яйца. Так, оболочки неоплодотворенных яиц лосося, пролежавшие в вазелиновом масле 27 суток, не затвердели после перенесения яиц из масла в воду, хотя перивителлиновое пространство и бластодиск у таких яиц образовались нормально.

Таблица 1

Действие перивителлиновой жидкости яиц форели на оболочки, снятые с неактивированных яиц

№№ п. п.	Состояние яйца, с которого удалена оболочка	Среда, в которую помещаются снятые оболочки	Прочность оболочек через 10 часов в г/см ²	n
1	Неактивированное	Вода	3800	10
2	Через 10 час после оплодотворения	»	9000	10
3	Неактивированное	Перивителлиновая жидкость яиц через 30—60 мин. после оплодотворения	14000	10
4	»	Та же перивителлиновая жидкость через 27 часов после ее получения	5000	3
5	»	Перивителлиновая жидкость яиц через 27 часов после оплодотворения	5800	3

Многочисленными исследованиями описано выделение из поверхностного слоя яиц костистых рыб особых веществ, принимающих участие в образовании перивителлинового пространства (12-17). Эти вещества представлены

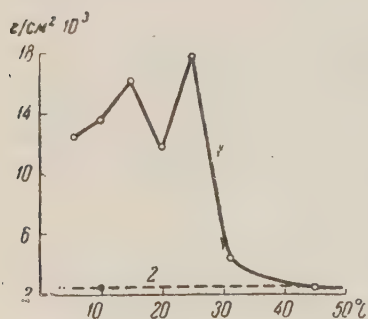


Рис. 1. Влияние температуры (5 мин. действия) на последующую способность перивителлиновой жидкости яиц лосося вызывать затвердевание оболочек, снятых с неактивированных яиц. 1 — прочность оболочек, обработанных перивителлиновой жидкостью, 2 — прочность тех же оболочек, не обработанных перивителлиновой жидкостью

в кортикальном слое цитоплазмы неоплодотворенных яиц особыми структурами (альвеолами), которые исчезают из поверхностного слоя яиц после оплодотворения или активации. Подобные структуры описаны и у яиц лососевых рыб (18-21). Представляет интерес вопрос, содержится ли фермент затвердевания в кортикальных альвеолах? Накано (6) высказал предположение, что затвердевание оболочек яиц *Oguzias* вызывается действием веществ, входящих в состав кортикальных альвеол. Однако у яиц лососевых рыб это, повидимому, не так. Известно (16, 19, 21), что исчезновение кортикальных альвеол и образование перивителлинового пространства у яиц лососевых рыб блокируется 0,1 N раствором хлористого натрия и некоторых других солей. Следовательно, блокируя выделение веществ, вызывающих образование перивителлинового пространства, или вызывая их выделение, мы можем (сопоставляя эти явления с изменением прочности оболочек) идентифицировать фермент затвердевания с веществами, вызывающими образо-

вание перивителлинового пространства. Для этой цели было поставлено несколько серий опытов с влиянием разных концентраций раствора NaCl на образование перивителлинового пространства и затвердевание оболочек

у оплодотворенных яиц лосося и форели, перенесенных из полостной жидкости в раствор соли, минуя воду. Оказалось (рис. 2), что можно подобрать такую концентрацию раствора NaCl, в котором образование перивителлинового пространства происходит, а прочность оболочек остается на уровне

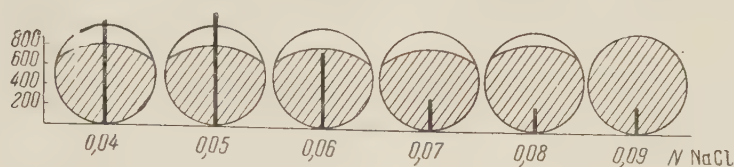


Рис. 2. Влияние концентрации NaCl в растворе на образование перивителлинового пространства и изменение прочности оболочек яиц лосося

прочности оболочек неоплодотворенного яйца. Образование перивителлинового пространства без последующего затвердевания оболочек происходит иногда при активации яиц водой в течение 2—3 мин. и перенесении их затем в 0,1 N раствор NaCl. Перивителлиновое пространство образуется у неоплодотворенных яиц лосося при помещении их в раствор 0,1 N LiCl, хотя затвердевание оболочек в этом растворе не происходит. Наконец, перивителлиновое пространство образуется у неоплодотворенных яиц, пролежавших около 27 суток в вазелиновом масле и затем помещенных в воду, тогда как затвердевания оболочек у таких яиц не происходит.

Можно показать, что в опытах с применением растворов NaCl, когда перивителлиновое пространство образуется, а оболочки не затвердевают, происходит блокирование хлористым натрием процесса секреции фермента из яйца, а не торможение ферментативного действия его на оболочки. Из табл. 2

Таблица 2

Влияние NaCl на активность фермента затвердевания перивителлиновой жидкости яиц лосося

№ № п. п.	Среда, в которую помещены оболочки, снятые с неактивированных яиц	Прочность таких оболочек: в г/см ²		n
		через 19 часов (опыт № 1)	через 27 час. (опыт № 2)	
1	Смесь (1 : 1) перивителлиновой жидкости и 0,2 N раствора NaCl	7500	13800	3
2	Смесь (1 : 1) перивителлиновой жидкости и воды	9400	12300	3
3	Вода	1900	3600	3

видно, что перивителлиновая жидкость, содержащая фермент затвердевания и помещенная в 0,2 N раствор NaCl (так, чтобы суммарный раствор разбавлялся до 0,1 N NaCl), действует на изолированные оболочки так же, как перивителлиновая жидкость с ферментом, разбавленная просто водой. Следовательно, в опытах, показанных на рис. 2, фермент затвердевания отсутствует в перивителлиновой жидкости: солевая среда в этих опытах не может препятствовать его действию на оболочки. Таким образом, фермент затвердевания оболочек яиц лососевых рыб не входит в состав веществ, которые участвуют в образовании перивителлинового пространства, а так как образование перивителлинового пространства большинство исследователей связывают с разрушением и исчезновением из поверхности яиц кортикальных альвеол, то, по-видимому, фермент затвердевания не содержится в кортикальных альвеолах неактивированных яиц.

Как было показано раньше⁽⁵⁾, присутствие веществ, вызывающих затвердевание оболочек у яиц лососевых рыб (фермента затвердевания), необходимо только первые 8—10 мин. после оплодотворения или активации яиц, а затем затвердевание оболочек может происходить и при отсутствии этих веществ. Так как для активации яиц и выделения фермента из яйца необходимо

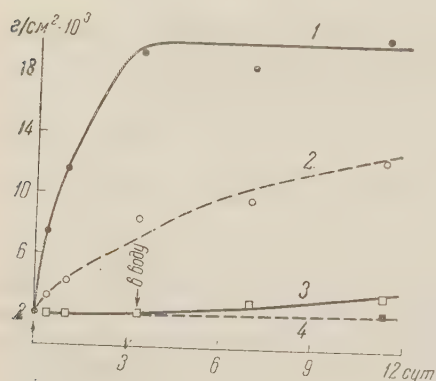


Рис. 3. Изменение прочности оболочек нормально развивающихся яиц лосося (1), оболочек, снятых с неоплодотворенных яиц и помещенных в воду (2) и в 0,1 N раствор NaCl (3). Часть оболочек из 0,1 N раствора NaCl перенесена в воду (4)

яйца из таких оболочек очень трудно, так как желток в воде коагулирует и прилипает к оболочке. С остатками яйца под оболочку, возможно, попадает и фермент затвердевания. Если же снятые в полостной жидкости оболочки перенести не в воду, а в раствор 0,1 N NaCl, то здесь легко можно избавиться от всех остатков яйца. Оказалось, что у таких оболочек увеличение прочности не происходит, как при лежании их в растворе 0,1 N NaCl (рис. 3, 3), так и при перенесении их из раствора соли в воду (рис. 3, 4). Таким образом, можно считать, что у зародышей лососевых рыб затвердевание оболочек не может произойти без участия в этом процессе фермента затвердевания.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
20 IV 1958

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ I. Motomura, Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Ser. IV, 16 (1941). ² J. Runnström, Ark. Zool., 40, A, № 1 (1947). ³ J. Runnström, Symp. Soc. Exp. Biol., 6 (1952). ⁴ А. И. Зотин, ДАН, 92, № 2 (1953). ⁵ А. И. Зотин, ДАН, 89, № 3 (1953). ⁶ E. Nakano, Embryologia, 3, 1 (1956). ⁷ J. Gray, J. Exp. Biol., 9, № 2 (1932). ⁸ П. Г. Светлов, ДАН, 24, № 24 (1928). ⁹ П. Г. Светлов, Roux's Arch., 114 (1929). ¹⁰ M. Bogucki, Protoplasma, 9, № 3 (1930). ¹¹ K. Aoki, J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Ser. VI, 8 (1939). ¹² T. Yamamoto, Proc. Imp. Acad., 15, № 8 (1939). ¹³ T. Yamamoto, Exp. Cell. Res., 10, № 2 (1956). ¹⁴ С. Г. Крыжановский, Вopr. ихтиол., 1 (1953). ¹⁵ С. Г. Крыжановский, Тр. Инст. морфол. животн. им. А. Н. Северцова АН СССР, 17 (1956). ¹⁶ M. Kusa, Embryologia, 3, № 2 (1956). ¹⁷ Т. А. Детлаф, ДАН, 116, № 1 (1957). ¹⁸ K. Yamamoto, J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Ser. VI, 10 (1951). ¹⁹ M. Kusa, Annot. Zool. Japon., 26, № 2 (1953). ²⁰ M. Kusa, Annot. Zool. Japon., 27, № 1 (1954). ²¹ C. Devillers, A. Thomopoulos, J. Colas, Boc. Soc. Zool. France, 78, № 5/6 (1954).

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

Том 121

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

1. МАТЕМАТИКА

Р. Г. Баранцев. Теоремы разложения, связанные с краевыми задачами для уравнения $u_{xx} - K(x)u_{tt} = 0$ в полусе $0 \leq x \leq 1$ с вырождением или сингулярностью на границе	9	О. В. Сарманов. Максимальный коэффициент корреляции (несимметричный случай)	52
А. А. Боровков. Некоторые задачи больших уклонений максимума сумм независимых одинаково распределенных случайных величин	13	Г. С. Хованский. Номографические методы приближенного представления функции одного переменного	56
П. П. Белинский. О мере площади при квазиконформном отображении	16	П. П. Белинский. О решении экстремальных задач квазиконформных отображений методом вариаций	199
А. М. Васильев. Об ортогональных подгруппах классических компактных групп Ли	18	В. С. Виденский. Применение теории целых функций к построению и исследованию N' -функций, дополнительных к заданным N' -функциям	202
В. М. Волосов. Уравнения колебаний с медленно изменяющимися параметрами	22	Е. В. Вороновская. О чебышевском приближении аналитических функций алгебраическими полиномами	206
М. А. Евграфов. Об асимптотическом поведении решений разностных уравнений	26	М. М. Джрбашян и А. Б. Нерсисян. О применении некоторых интегро-дифференциальных операторов	219
В. Кабанова. О разложении по собственным вектор-функциям несамосопряженных дифференциальных систем второго порядка	30	А. Лангенбах. О применении вариационного принципа к некоторым нелинейным дифференциальным уравнениям	214
Т. М. Карасева. Об одной «точной оценке» мультипликаторов дифференциальных уравнений второго порядка с периодическими коэффициентами	34	А. Марков. Неразрешимость проблемы гомеоморфии	218
Г. Е. Кузмак. Асимптотические решения уравнения движения диссипативной системы с одной степенью свободы с медленноизменяющимися параметрами	37	Я. Н. Ройтенберг. О накоплении возмущений в нестационарных линейных системах	221
Г. Ф. Лаптев. Гиперповерхность в пространстве проективной связности	41	А. А. Самарский. Уравнения параболического типа с разрывными коэффициентами	225
Б. Пасынков. О полиэдральных спектрах и размерности бикомпактов, в частности бикомпактных групп	45	Сунь Хэ-шэн. О жесткости незамкнутой поверхности неотрицательной кривизны при неотрицательной втулочной связи	229
М. С. Пинскер. Экстраполирование случайных векторных процессов и количество информации, содержащееся в одном векторном стационарном случайном процессе относительно другого, стационарно с ним связанного	49	Ся До-шин. Положительные функционалы на алгебрах	233
		С. В. Фомин. К вопросу о связи между пространствами близости и бикомпактными расширениями вполне регулярных пространств	236
		В. П. Хавин. О выделении особенностей аналитических функций	239
		С. А. Чунинин. Об одном общем способе получения подгрупп и факторизации конечных групп	243

В. С. Виноградов. Об ограниченности решений краевых задач для линейных эллиптических систем первого порядка на плоскости	399	особых интегралов типа Коши и их приложения	79
В. К. Дзядык. Дальнейшее усиление теоремы Джексона о приближении обыкновенными многочленами непрерывных функций	403	А. Л. Крылов. Об одном необходимом и достаточном признаке принадлежности функции классу $W_p^{(1)}$ Соболева	790
М. А. Евграфов. Об асимптотическом поведении решений систем линейных уравнений	407	А. Ф. Леонтьев. О полноте системы $\{z^{\lambda_k}\}$ на кривых в комплексной плоскости	790
Ю. И. Журавлев. Об оптимальных алгоритмах выбора	411	В. Э. Лянце. Кольца линейных неограниченных операторов с разложением единицы и их представления	800
И. И. Ибрагимов. Экстремальные задачи в классе тригонометрических полиномов	415	М. В. Пентковский. Малые проективные преобразования номограммы	800
Л. Н. Котова. Линеаризованная оценка погрешности численного интегрирования системы дифференциальных уравнений основной задачи внешней баллистики	418	В. Н. Тейтельбаум. Сравнение чисел в чешской системе счисления	807
В. А. Плисс. О проблеме Айзермана для случая системы трех дифференциальных уравнений	422	П. И. Швейкин. Инвариантные построения на m -мерной поверхности в n -мерном аффинном пространстве	812
С. А. Теляковский. Приближение дифференцируемых функций суммами Валле-Пуссена	426	В. М. Волосов. Асимптотика интегралов некоторых возмущенных систем	959
Ю. Ю. Трохимчук. О конформных отображениях	430	Л. А. Гроза. Асимптотическое разложение решений обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в банаховых пространствах	963
П. Александров и Вл. Пономарев. О бикompактных расширениях топологических пространств	575	Г. Кангро. Об обобщении одной теоремы Мура	967
В. С. Виноградов. О некоторых краевых задачах для квазилинейных эллиптических систем первого порядка на плоскости	579	В. Р. Лаврук. О зависимости индекса одного оператора граничной задачи для эллиптической системы линейных дифференциальных уравнений второго порядка от старших коэффициентов	97
Н. В. Ефимов и С. Б. Стечкин. Чебышевские множества в банаховых пространствах	582	Г. С. Макаева. Асимптотическое поведение решений дифференциальных уравнений с малым параметром, системы «быстрых движений» которых близки к гамильтоновым	973
Д. П. Желобенко. Описание некоторого класса представлений группы Лоренца	586	С. И. Рабинович. К вопросу об экстремальных функциях в некоторых задачах теории приближения	977
М. А. Наймарк. О разложении неприводимых представлений основной серии комплексной унитарной группы n -го порядка по представлениям комплексной унитарной группы второго порядка	590	А. Х. Турецкий. О классе насыщения для методов Гельдера суммирования рядов Фурье	980
В. И. Протасов. О линейных уравнениях в частных производных бесконечного порядка с постоянными коэффициентами	594	В. А. Якубович. Об ограниченности и устойчивости в целом решений некоторых нелинейных дифференциальных уравнений	984
С. Л. Соболев. Замечание о критерии Петровского равномерной корректности задачи Коши для уравнений в частных производных	598		
В. А. Якубович. О динамической устойчивости упругих тел	602		
А. И. Векслер. О принципе Архимеда в полупорядоченных факторлинеалах	775		
М. И. Вишик и Л. А. Люстерник. Об асимптотике решений краевых задач для квазилинейных дифференциальных уравнений	778		
В. П. Гуарий. О спектре растущих функций	782		
Л. А. Гутник. К арифметике матриц	786		
А. С. Дынин. О пространствах, ядерных в различных смыслах	790		
В. В. Иванов. Некоторые свойства			

II. МЕХАНИКА

А. С. Кельзон и О. В. Григорьева. Пропорциональная навигация, как проблема кибернетики	432
--	-----

III. ГИДРОМЕХАНИКА

Д. А. Эфрос. Вытеснение двухкомпонентной смеси при малой вязкости одной из вытесняемых жидкостей	59
С. С. Григорян. О некоторых точных решениях уравнений газовой динамики	606
С. В. Иорданский. Теорема Цемплена в магнитной гидродинамике	610
В. П. Коробейников. Одномерные автомодельные движения проводящего газа в магнитном поле	613
А. Г. Куликовский. О волнах Римана в магнитной гидродинамике	987

IV. АСТРОНОМИЯ

- М. М. Бутслов, Е. К. Завойский, А. А. Калинин, В. Б. Никонов, В. В. Прокофьев и Г. Е. Смолкин. О применении многокаскадных электроннооптических усилителей света в астрофизике 815
- А. Б. Северный. О возникновении частиц высоких энергий и жесткого излучения во вспышках на Солнце 819
- А. А. Никитин. Некоторые оценки интенсивностей линий гелия в спектрах нестационарных звезд 991

V. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- Л. Д. Фаддеев. О связи S-матрицы и потенциала для одномерного оператора Шредингера 63
- Г. Д. Маложинцев. Возбуждение, отражение и излучение поверхностных волн на клине с заданными импедансами граней 436

VI. ФИЗИКА

- Л. В. Альтшулер, А. А. Баканова и Р. Ф. Трунин. Фазовые превращения при сжатии воды сильными ударными волнами 67
- П. П. Шорыгин и Т. М. Иванова. Об одновременном наблюдении комбинационного рассеяния света и флуоресценции 70
- В. С. Машкевич. Нормальные координаты кристаллической решетки при учете запаздывания взаимодействия 247
- С. В. Тябликов. Об одном вариационном принципе в задаче многих тел 250
- В. Н. Егоров, В. Н. Колесников и Н. Н. Соболев. К вопросу о природе дугового разряда в атмосфере инертных газов 440
- В. А. Лабзин и В. И. Лихтман. Ползучесть монокристаллов цинка в легкоплавких металлических расплавах 443
- Б. И. Степанов и В. П. Грибковский. Поглощение и люминесценция гармонического осциллятора 446
- Н. П. Богачев, С. А. Бунятян, Ю. П. Мерекос и В. М. Сидоров. Взаимодействие протонов с энергией 9 Бэв со свободными и связанными нуклонами в фотозумльсии 617
- Н. Н. Деягина и В. С. Шпинель. Резонансное рассеяние гамма-квантов на ядрах Mg^{24} 621
- Б. В. Медведев и М. К. Поливанов. Об одной классической модели индетинитной метрики 623
- В. М. Фридкин. Теория образования скрытого электрофотографического изображения и закон взаимозаменяемости 627
- И. В. Александров. Расчет постоянной ядерного магнитного экранирования для некоторых молекул 823

- Б. С. Джелепов, А. П. Приходцева и Ю. В. Хольнов. $0^+ \rightarrow 0^+$ -переход в Ce^{140} 995
- Ф. И. Скрипов. Ядерно-резонансный генератор, работающий в магнитном поле Земли 998

VII. ГИДРОЛОГИЯ

- П. С. Кузин. Генетическая схема классификации рек и гидрологического районирования СССР 253

VIII. ГЕОФИЗИКА

- М. С. Анцыферов. Лабораторное воспроизведение сейсмо-электрического эффекта второго рода 827
- Ю. П. Непрочнов. Результаты сейсмических исследований на Черном море в районе г. Анапы 1001
- В. В. Шулейкин. Точный интеграл уравнения поля ветровых волн в океане и его физическое значение 1005

IX. ОКЕАНОЛОГИЯ

- Г. М. Беляев, Н. Г. Виноградова и З. А. Филатова. Траление на глубине десяти с половиной километров во впадине Тонга 74
- И. А. Алексина. О взвешенных веществах в водах восточной части Среднего Каспия 257
- В. П. Гончаров. Новые данные о рельефе дна Черного моря 830
- К. В. Беклемишев и В. С. Короткевич. Зоопланктон Индийского сектора Антарктики 1009
- О. И. Кобленц-Мишке. Распространение некоторых форм фитопланктона в связи с основными течениями западной части Тихого океана 1012

X. БИОФИЗИКА

- И. М. Васильев и Н. Д. Рыбалка. Действие рентгеновского облучения на фотосинтез растений пшеницы 78
- Е. Г. Зиновьева. О причинах гибели инфузоров под действием рентгеновских лучей 80
- Ст. Робев. Исследование влияния N-фениламида тиюфен-2-карбонной кислоты на резистентность мышей при облучении летальными дозами гамма-лучей Co^{60} 84
- И. М. Васильев, Цинь Су-юнь и Н. Д. Рыбалка. Действие рентгеновского облучения на содержание хлорофилла и гемиллюлоза в листьях пшеницы 450
- Н. Ф. Баракина. О природе деструктивных процессов в селезенке мыши, вызванных действием рентгеновских лучей 631
- Л. А. Африканова. Влияние облучения на активность некоторых ферментов, локализованных в структурах пластинчатых телец брыжейки кошек 834

- Э. Я. Граевский и Е. Г. Зиновьева. Исследования радиочувствительности клетки при повторных воздействиях ионизирующей радиации 837
- А. М. Растворова. Реактивные изменения в нервных элементах мужской гонады млекопитающих животных под действием рентгеновских лучей 841

XI. ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- Г. М. Бартенев и З. Е. Стыран. Фрикционные свойства каучукоподобных полимеров 87
- А. А. Бочвар и А. А. Зуйкова. О поведении пластин из β -латуни при циклической термической обработке 91
- И. М. Имянитов. К вопросу о механизме электростатического заряжения 93
- Л. С. Палатник и В. М. Косевич. Исследование диффузионного и бездиффузионного превращений в аморфных пленках сурьмы 97
- Г. М. Бартенев и Л. П. Цепков. Масштабный фактор и прочность стекла 260
- Н. Д. Борисов, В. В. Немошкаленко и А. М. Фефер. Структура энергетического спектра электронов в железо-хромистых сплавах 264
- Я. С. Подстригач и М. И. Чаевский. Влияние внутреннего трения на усталостное разрушение циклически деформируемых деталей 268
- В. Г. Ракин и Н. Н. Буйнов. Экспериментальное наблюдение источников дислокаций с помощью выделений 271
- В. Н. Рожанский и Н. В. Декартова. О закономерностях затухания крутильных колебаний металлических проволок 274
- И. Н. Францевич, Д. Ф. Калинович, И. И. Ковенский и В. В. Пеньковский. Об акцепторной роли железа в железо-углеродистом сплаве 277
- В. Б. Вейнберг, Н. М. Дульнева, П. Н. Мейнгард и В. Л. Яковенко. Полярный спектрогидрофелометр 634
- К. А. Осипов. Расчет предельных значений энергии активации различных процессов в твердых металлах 637
- Н. С. Вавилов. Проблемы нагрева материала в шахтных устройствах при слоевом режиме 845
- Н. А. Горюнова и С. И. Радауцан. Твердые растворы в системе $\text{InAs}-\text{In}_2\text{Te}_3$ 848
- Н. В. Грум-Гржимайло. Осцилляции и резонанс в кинетике мартенситообразования 850
- В. Г. Мельник, И. Г. Мельник и С. С. Гутин. Об электронно-дырочном переходе в точечных твердых выпрямителях 852
- К. А. Осипов. Об энергии образования вакансий в твердых металлах 855
- С. З. Бокштейн, Т. И. Гудкова, А. А. Жуховицкий и С. Т. Кишкин. О влиянии необратимых структурных изменений, возникающих при

- пластической деформации, на диффузионную подвижность 1015
- К. А. Осипов. О значениях энергии активации самодиффузии в жидких металлах 1019
- Е. Ф. Петрова, М. И. Лапшина и Л. А. Шварцман. Растворимость углерода в альфа-железе 1024

XII. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Г. П. Башарин. Теоретиковероятностное исследование двухкаскадной телефонной системы с отказами, работающей в режиме свободного искажения 101
- О многомерном предельном распределении чисел занятых линий в коммутаторах второго каскада телефонной системы с отказами 280
- М. И. Романов. К анализу коммутации коллекторных машин, связанной с контактной проводимостью 284

XIII. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

- Е. Д. Дукова. Слоисто-спиральное испарение кристаллов 288
- А. И. Китайгородский и Ю. В. Мнюх. Температурные изменения межмолекулярных расстояний в парафине $n\text{-C}_{30}\text{H}_{62}$. Уточнение формы молекулы парафинов 291
- А. А. Попова. Получение монокристаллов ферритов методом Вернейля 453

XIV. ХИМИЯ

- Б. А. Арбузов и З. Г. Исаева. О восстановлении окиси Δ^8 -карена 105
- К. И. Иванов и Е. Д. Вилянская. О взаимодействии замедлителей автоокисления углеводородов с алкильными и перекисными радикалами 107
- В. А. Измаильский и Л. Д. Вишневский. Спектры поглощения молекулярных комплексов 9-(n -диметиламинотирил)-акридина с 10-этил-9-(β -карбометоксиэтил)-акридиниййодидом 111
- А. И. Китайгородский и Ю. В. Мнюх. Триклинная модификация политена 115
- А. Н. Несмеянов, Э. Г. Перевалова, Л. С. Шиловцева и З. А. Бейноравичуте. Синтез метилферроцена 117
- А. Д. Петров и С. И. Садых-заде. Синтез кремнийсодержащих простых виниловых эфиров 119
- Т. И. Абрамович, И. П. Грагеров и В. В. Перекалин. Изотопный обмен водорода и способность метильных производных азотсодержащих гетероциклов к реакциям конденсации 295
- В. В. Коршак, С. Л. Сосин и М. В. Чистякова. Применение реакции полирекомбинации для получения полимеров 299
- Р. Я. Левина, Ю. С. Шабаров, М. Г. Кузьмин, Н. И. Васильев и Е. Г. Трешова. Новый метод синтеза циклобутановых углеводородов 303

А. Д. Петров, В. А. Пономаренко и Г. В. Одабашян. Фторкремний-органические соединения. Простые фторкремнийорганические эфиры	307	Терентьев. Синтез 1-бензил-2-метил-5-метокситриптамина	862
В. Г. Воронин, О. Н. Толкачев и Н. А. Преображенский. Синтез метиловых эфиров изомерных хондрофилинов, хондодендринов и тубокураринов	455	Н. М. Назарова, А. А. Баландин и Л. Х. Фрейдлин. Каталитическое алкилирование <i>n</i> -бутана этиленом при высоких температурах и давлениях	865
В. В. Коршак и Т. М. Фрунзе. О некоторых закономерностях изменения температуры плавления в гомологических рядах гетероцепных полимеров	458	П. П. Шорыгин и З. С. Егорова. О зависимости признаков сопряжения от угла поворота метоксильной и диметиламино-групп относительно плоскости бензольного кольца	869
Н. К. Кочетков и Э. Е. Нифантьев. О реакциях замещения в метиловом звене β -кетоацеталей	462	Х. И. Арешидзе и А. В. Киквидзе. Углеводороды ряда декалина в мирзаанской нефти	1025
В. А. Кухтин. О некоторых новых видах перегруппировки Арбузова	466	Я. С. Бобович и В. В. Перекалин. Исследование строения непредельных нитросоединений методом комбинационного рассеяния света	1028
Р. М. Лагидзе, Н. К. Ирематдзе, Ш. Д. Куправа и А. Д. Петров. Об алкилировании бензола и его гомологов уксуснокислыми эфирами γ -ацетиленовых гликолей	470	А. А. Гундырев, Н. С. Наметкин и А. В. Толпчиев. Дипольные моменты гексалькилпроизводных дисилоксана	1031
И. А. Лившиц и Л. М. Коробова. Полимеризация высших диеновых углеводородов	474	И. Н. Назаров и Ж. А. Красная. Конденсация ацетала β -дихлоцитраля с 1-этоксизопреном	1034
А. Н. Несмеянов и И. И. Крицкая. Стереохимия σ , π -сопряжения. Хлормеркуркамфенил	477		
А. П. Терентьев и М. Н. Преображенская. Синтез производных 5-меркаптоиндола и 5-меркапто-1-метилиндола	481	XV. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
Н. И. Шуйкин, Е. А. Тимофеева и Т. П. Добрынина. Дегидрогенизация <i>n</i> -пентана и изопентана в присутствии алюмохромокалиевого катализатора	485	Х. Л. Арван. Спектральное изучение взаимодействия двух красителей в растворе	123
Б. А. Арбузов, В. С. Виноградова и Н. А. Полежаева. О строении продуктов взаимодействия некоторых α -галондокетонов карбоциклического ряда с триэтилфосфитом и диэтилфосфористым натрием	641	Н. А. Балашова и Б. Н. Кабанов. Электрохимическое поведение циркония в серной кислоте	126
А. А. Берлин, Л. В. Ступень, Б. И. Федосеева и Д. М. Яновский. Исследование привитой сополимеризации винилхлорида с производными метакрилового ряда	644	Б. Б. Дамаскин, Н. В. Николаева-Федорович и А. Н. Фрумкин. Об адсорбции иона Cs^+ на поверхности ртутного электрода	129
В. Л. Вайсер и В. Д. Рябов. Алкилирование фенола ацетиленом при повышенном давлении	648	А. Л. Карпова, А. А. Михайлова и К. В. Чибисов. О фотографической активности желатины	133
Л. А. Игонин и С. И. Басс. Инфракрасные спектры поглощения оксibenзиламинов	652	Е. Ф. Некряч и А. В. Думанский. Теплоты смачивания водой этерифицированной целлюлозы	136
Б. М. Михайлов и Т. К. Козминская. О действии аминов и аммиака на изоамилбордихлорид	656	И. А. Акимов. Оптическая сенсбилизация фотоэффекта в бромиде серебра и таллия органическими красителями	311
А. Н. Несмеянов, К. А. Печерская, А. Н. Ахрамович и Л. М. Минакова. Стереохимия σ , π -сопряжения. Автоокисление жестких аллильных систем	660	В. В. Зелинский, В. П. Колобков и И. И. Резникова. Влияние структуры органических молекул на вероятность перехода в метастабильное состояние	315
А. М. Рубинштейн и В. И. Якерсон. Некоторые данные по кинетике термического разложения ацетатов щелочноземельных металлов	664	Викт. И. Спицын и И. Е. Михайленко. Влияние интенсивности радиоактивного излучения S^{35} на скорость изотопного обмена серы в системе $\text{K}_2\text{SO}_4\text{—SO}_3$	319
С. Е. Бреслер и М. И. Мосевичкий. Изучение кинетики полимеризации изопрена под действием комплексного катализатора	859	Г. И. Фукс и Н. И. Каверина. Влияние радиуса катионов на свойства граничных слоев растворов электролитов в плоских зазорах между поверхностями кварца	322
А. Н. Гринев, В. Н. Ермакова и А. П.		Н. В. Алексеев и Я. И. Герасимов. Исследование структуры жидких сплавов Bi—Sn	488
		А. С. Баберкин и М. А. Проскурнин. Действие γ -излучения Co^{60} на $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	492
		А. А. Баландин, Викт. И. Спицын, Н. П. Добросельская и И. Е. Михайленко.	

Радиоактивные катализаторы. Дегидратация циклогексанола над сульфатами магния и натрия	495	О. Я. Самойлов. К теории температурной зависимости координационных чисел ионов в водных растворах	1043
В. М. Грязнов, В. Д. Ягдовский, А. М. Богомольный и Хо Дю-ок. Спектроскопическое изучение адсорбции и каталитического превращения циклогексана на прозрачных пленках палладия	499	Б. Я. Свешников и Л. А. Кузнецова. К диффузионной теории кинетики бимолекулярных реакций в растворах	1045
С. С. Духин и Б. В. Дерягин. Диффузионно-электрический потенциал падающей капли с адсорбционным слоем	503	Е. А. Шотт-Львова, Я. К. Сыркин, И. И. Левков и М. В. Дейчмейстер. Дипольные моменты гемиоксанинов производных 3-этилпропана и инданциона (1,3)	1048
В. В. Осико. Два вида центров люминесценции марганца в фазе кадмий—литий-ортосиликата	507	XVI. ГЕОХИМИЯ	
Ф. И. Дубовицкий, Г. Б. Манелис и А. Г. Мержанов. Формально-кинетические закономерности термического разложения взрывчатых веществ в жидкой фазе	668	Б. П. Кротов. Климатические закономерности современного размещения месторождений железа и алюминия на Земле	326
М. А. Проскурнин, Е. В. Барелко и Л. И. Карташева. Вода как сенсibilизатор радиационного инициирования процесса окисления бензола	671	В. А. Завьялов. О связи электрической характеристики разреза доманиковых отложений с литолого-геохимическими особенностями последнего	693
С. З. Рогинский, М. И. Яновский, Г. М. Жаброва, О. М. Виноградова, Б. М. Каденация и З. А. Маркова. Каталитический синтез непредельных углеводородов ряда С ₄ , меченных радиоуглеродом С ¹⁴ , с использованием парофазной распределительной радиохроматографии	674	М. А. Глаголева. Формы миграции элементов в речных водах	1052
Л. А. Ротт. Уравнение изотермической диффузии в критической области	678	Н. В. Тагеева. О геохимии глинистых осадков Каспийского моря	1056
К. И. Сакодынский, С. И. Бабков и Н. М. Жаворонков. Коэффициенты равновесного распределения дейтерия при изотопном обмене между водой и некоторыми тиолами	681	XVII. БИОХИМИЯ	
М. В. Смирнов, Л. Е. Ивановский и Н. А. Логинов. Равновесные потенциалы титана в хлоридных расплавах	685	И. Е. Эльпинер, Г. А. Деборин и О. М. Зорина. Молекулярный вес сывороточного альбумина, облученного ультразвуковыми волнами в присутствии различных газов	138
В. А. Шушунов и Б. Я. Андреев. Кинетический изотопный эффект в реакции водорода и трития с окислами некоторых металлов	689	Н. М. Эмануэль и Л. П. Липчина. Лейкоз у мышей и особенности его развития при воздействии ингибиторов цепных окислительных процессов	141
В. В. Андреева и В. И. Казарин. Электрохимические свойства и коррозионное поведение титана в растворах серной кислоты	873	М. К. Михайлов. Исследование оксипроизводных коричной кислоты в табаке методом хроматографии на бумаге	330
Б. В. Дерягин и В. П. Смилга. Электронная теория адгезии металлов, соединенных полупроводниковой прослойкой	877	— Об энзиматическом окислении табачных полифенолов	511
М. А. Лошкарев и И. П. Чернобаев. К расчету электрохимических реакций с промежуточным реагентом	881	А. Н. Пономарева. Активность аденозинтрифосфатазы пшеницы при прорастании	515
Н. Д. Томашов, Р. М. Алтовский и А. Г. Аракелов. Анодная защита титана в серной кислоте	885	С. Е. Северин и Н. К. Наградова. Об особенностях действия дегидразы фосфоглицеринового альдегида	519
Г. В. Коровина, С. Г. Энтелис и Н. М. Чирков. Скорость поглощения этилена и пропилена серной кислотой разных концентраций	1038	XVIII. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	
П. С. Перминов. Влияние давления на растворимость молекулярного водорода в ниобии и тантале	1041	И. Н. Плаксин и Р. Ш. Шафеев. Влияние электрохимической неоднородности поверхности сульфидных минералов на распределение кантогената в условиях флотации	145
		О. М. Маргулис и Н. В. Гулько. К вопросу о дестабилизации кубической формы двуокиси циркония	523
		В. И. Классен и Н. Ф. Мещеряков. Флотация зерен мельче 10 м газами, выделяющимся из раствора	697
		М. Ю. Лещинский. Влияние поверхностно-активной среды на твердость бетона	889
		И. И. Китайгородский и В. А. Блинов. Получение сверхтонкого пленоч-	

ного стекла и области его применения 1060

XIX. ГЕОГРАФИЯ

А. И. Тихомиров. Сейшевые течения в проливах Якимварского залива Ладожского озера (наблюдения 1957 г.) 149

XX. ГЕОЛОГИЯ

Л. А. Невеская. Смена комплексов двустворчатых моллюсков Черного моря в позднечетвертичное время 152

П. П. Смолин. Основные черты метаморфической зональности на контакте постюрских субщелочных интрузий и кембрийских доломитов Алдана 155

Р. Б. Баратов и Н. А. Блохина. Некоторые особенности рудоносных скарнов южного склона Гиссарского хребта (Южный Тянь-Шань) 335

А. И. Елисеев. Стратиграфия карбона южной части гряды Чернышева 339

Г. Г. Мартинсон. О фауне переслаивающихся морских и континентальных мезозойских отложений в Азии 343

С. М. Тильман. К вопросу о геологическом строении северного крыла Олойского прогиба 346

В. М. Ярошевич. О структурно-фациальных зонах кембрия восточного склона Кузнецкого Ала-Тау 350

Л. М. Левина. О догдовском комплексе Русской платформы 527

Н. В. Логвиненко, Г. В. Карпова, К. Г. Шандыба и Д. П. Шапошников. О типах терригенного флиша в таврической формации Крыма 531

И. С. Чумаков. Об остатках морских диатомей в континентальных кайнозойских отложениях Рудного Алтая и границе палеогенового моря на юге Западной Сибири 535

В. М. Будько. Типы разрывных нарушений красноцветной толщи полуострова Челекен 701

А. Г. Вологдин. О кембрии Байкальского нагорья по данным изучения его органических остатков 705

М. Ф. Дзвеля. Новые данные об олигоценовых слоях северного склона Аджаро-Имеретинского хребта 709

Л. А. Козубова и М. В. Куликов. Новые данные о пермских отложениях Западного Забайкалья 712

В. И. Солун. Морские палеогеновые отложения юго-восточной Туркмении 716

М. М. Веселовская и П. А. Карпов. Протерозойские породы восточного склона Воронежского массива 893

Б. А. Андреев. Структурно-металлогенические зоны и гравитационные аномалии 1063

Ю. М. Васильев, А. А. Звягельский и С. Л. Подгорбунский. Челкарский соляной массив в Северном Прикаспии 1065

В. Н. Корценштейн. К вопросу о глубинном геотермическом режиме Предкавказья 1068

Н. П. Куприна. Новые данные об оледенении Западного Верхоянья 1071

XXI. МИНЕРАЛОГИЯ

В. И. Грязнов. Скоростной метод минералогической диагностики марганцевых руд по электропроводности 159

М. Н. Пономарева. К вопросу о зависимости отражательной способности рудных минералов от их структурных особенностей 162

В. Ф. Барабанов. К вопросу о генезисе полевых шпатов в кварц-вольфрамитовых жилах Восточного Забайкалья 538

Г. А. Ильинский. О параморфозах кальцита по фатериту 541

Х. С. Мамедов и Н. В. Белов. Кристаллическая структура слюдоподобных Са-гидросиликатов: окенита, некоита, трукоттита, гиролита. Новый кремнекислородный радикал $[\text{Si}_6\text{O}_{15}]_\infty$ 720

Н. Н. Шишкин. Джулукулит — новый кобальтовый минерал 724

С. Т. Бадалов, И. М. Голованов и Б. Л. Хожателев. Монтичеллитовый скарн из Средней Азии 897

Х. С. Мамедов и Н. В. Белов. Кристаллическая структура фошагита $\text{Ca}_8[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH})_6$ 901

XXII. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

В. П. Маслов. Новые находки водорослей в юре Крыма 354

— Находка в юре Крыма рода *Cosciponus* Leupold и его истинная природа 545

В. Д. Ильин. Новый род аммонитов из севана юго-западного Узбекистана 727

Ю. В. Тесленко. Находка остатков растений апт-альба в Западно-Сибирской низменности 905

Л. Н. Репина. Трилобиты базаихского горизонта 1075

XXIII. ЦИТОЛОГИЯ

Л. А. Чубарева. Цитологическое и цитохимическое исследование сперматогенеза у речной миноги (*Lampetra fluviatilis*) 165

Н. П. Дмитриева. Электронномикроскопическое исследование ультратонких срезов опухоли Броуна-Пирса у кроликов 909

И. Б. Райков. Цитохимические особенности ядерного аппарата равноресничных инфузорий *Loxodes striatus* и *L. magnus* 1079

XXIV. ГИСТОЛОГИЯ

Е. И. Колосс. Экологическая морфология некоторых структур глаза *Mus musculus* L. 358

Е. В. Райкова. Гистохимическое исследование паразитической личинки <i>Polypodium hydriforme</i> Ussov (Coelenterata)	549
В. Я. Кармышева. К вопросу о конструкции концевых нервных аппаратов в яичнике	730
А. М. Растворова. К вопросу об иннервации семенника млекопитающих животных	734

Ю. Л. Сутулов. Иннервация эпендимальной оболочки желудочков головного мозга человека	738
В. Я. Кармышева. Изменения тканевых элементов яичников в условиях выключения нервных ганглиев пахикарпином	912
Ю. Л. Сутулов. Реактивные разрастания тканевых элементов эпендимальной оболочки	916
Ю. И. Чепракова. Строение и гистогенез глоточных зубов некоторых видов карповых рыб	920

XXV. ГЕНЕТИКА

И. И. Немчинова и Викт. К. Федоров. К вопросу о соотношении полов в потомстве у мышей с различными функциональными свойствами нервной системы	168
В. С. Кирпичников. Генетические методы индивидуального отбора в карповодстве	742
П. А. Храковский. О наследовании размеров и функции половых желез у домашних птиц	1083

XXVI. ЭКОЛОГИЯ

В. Э. Беккер. Особенности вителлогенеза у самок золотого караса (<i>Carassius carassius</i> (L.)) в условиях повышенной плотности населения	1086
Л. Н. Сервин. Изменения резистентности <i>Paramecium caudatum</i> в процессе адаптации к солям CaCl_2 , NaCl и KCl	1090

XXVII. ГИДРОБИОЛОГИЯ

В. Н. Никитин и Е. П. Турпаева. Процессы обростания в Черном море. Оседание личинок в районе Геленджика	172
Н. Н. Романова. Распространение и экологическая характеристика северокаспийских Amphipoda и Cumacea	553

XXVIII. МИКРОБИОЛОГИЯ

Л. И. Воробьева. Условия сбраживания глицерина пропионовокислыми бактериями	362
В. Н. Шапошников, З. М. Зайцева и Н. В. Орлова. Синтетическая среда для биосинтеза окситетрациклина (террамицина) культурой <i>Act. riposus</i> ЛС-Т-118	366
М. Н. Лебедева. Количественное распределение гетеротрофных микро-	

организмов в Индийском океане и в прилегающих морях Антарктики	557
М. Н. Талиева. Влияние факторов роста (бактериальных витаминов) на развитие видов <i>Botrytis</i> в связи с их специализацией	746
Б. Г. Болдырев, В. Г. Дроботко, Б. Е. Айзенман и С. И. Зелепуха. О противомикробной активности алкилэфиров тиосульфокислот	924

XXIX. БОТАНИКА

Э. Д. Лобжанидзе. Первые этапы формирования годичных колец древесины	928
--	-----

XXX. ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Т. А. Работнов. Изменение состава травостоя пойменного луга при выдернении борщевика сибирского (<i>Heracleum sibiricum</i> L.)	750
А. С. Подольский. Новый метод фенологических прогнозов и агроклиматических оценок по тепловому фактору	932

XXXI. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ю. В. Ракитин, А. В. Крылов, К. Г. Гараева и Т. М. Гейден. Влияние различных химических препаратов на прорастание клубней картофеля при хранении	175
В. В. Яковлева и Е. И. Минина. К вопросу о физиологической роли молибдена в растении	179
О. К. Добролюбский и А. В. Славво. Влияние микроэлемента цинка на ферментативную деятельность винограда	370
А. В. Крылов, Ю. В. Ракитин и Г. А. Тараканова. Превращение этилового спирта в плодах при стимуляции им процесса созревания	374
И. В. Мосолов и А. В. Панова. К вопросу о роли первичных и вторичных корней в питании кукурузы	378
А. С. Кружилин и З. М. Шведская. Яровизация изолированных почек двухлетних растений в сахарных растворах	561
С. Н. Дроздов. Влияние меди на интенсивность фотосинтеза листьев яровой пшеницы	753
Н. А. Красильников, М. Х. Чайлахян, Г. К. Скрябин, Ю. М. Хохлова, И. В. Улезло и Т. Н. Константинова. О стимулирующем действии гиббереллинов различного происхождения	755
В. Н. Жолкевич. О соотношении между интенсивностью дыхания и содержанием фосфорилированных соединений при засухе	1093
Е. Г. Салькова и Н. П. Кораблева. О некоторых физиологических и морфологических изменениях в глазках картофельных клубней под влиянием облучения	1097

XXXII. ЗООЛОГИЯ

- В. А. Свешников.** Морфология личинок некоторых Eupicetomorpha (Polychaeta) 565

XXXIII. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

- Р. П. Женеvская.** Роль нервных связей на ранних этапах регенерации мышц 182

XXXIV. ФИЗИОЛОГИЯ

- Д. Попович.** Роль гиперталамуса в регуляции моторной функции молочной железы 186
- З. В. Денисова.** Влияние словесных инструкций на следовые реакции детей дошкольного возраста . . 382
- М. Г. Колпаков.** Белковый состав крови при анафилаксии у кроликов . . 759
- Л. В. Крушинский.** Экстраполяционные рефлексы как элементарная основа рассудочной деятельности у животных 762
- Л. Н. Дерябин.** Влияние дремотного и сонного состояний на инотропный и хронотропный компоненты сердечной деятельности собак . . . 936
- Ф. З. Меерсон и С. В. Руцай.** Влияние экспериментального порока сердца на электроэнцефалограмму 940

- А. В. Погребкова.** Регуляция дыхания у взрослых собак после одномоментного выключения в раннем онтогенезе дистантных рецепторов 1101

XXXV. ЭМБРИОЛОГИЯ

- К. Г. Газарян.** Дегенерация мезонефроса и развитие эпидидимиса у каракульской овцы (Ovis ovis platyura karakul) 386
- К. И. Семенов.** К вопросу об этапах развития личинок осетра 389
- Т. А. Детлаф.** Значение ионов кальция для стимуляции яиц и распространения кортикальной реакции у осетровых рыб 944
- А. И. Зотин.** Скорость обновления воды у зародышей осетра (Acipenser güldenstädti colchicus V. Marti) . . 948
- Фермент затвердевания оболочек у яиц лососевых рыб 1105

XXXVI. ПАРАЗИТОЛОГИЯ

- Л. П. Спасская.** О пространственных соотношениях ареала вида и зоны заражения у цестод перелетных птиц 190
- Фен Чун-цзи.** К изучению переносчиков клещевого возвратного тифа в Китае 766

- Абрамович Т. И. XIV, 295
Айзенман Б. Е. XXVIII, 924
Акимов И. А. XV, 311
Александров И. В. VI, 823
Александров П. I, 575
Алексеев Н. В. XV, 488
Алексина И. А. IX, 257
Альтовский Р. М. XV, 885
Альтшулер Л. В. VI, 67
Андреев Б. А. XX, 1063
Андреев Б. Я. XV, 689
Андреева В. В. XV, 873
Анцыферов М. С. VIII, 827
Аракелов А. Г. XV, 885
Арбузов Б. А. XIV, 105, 641
Арван Х. Л. XV, 123
Арешидзе Х. И. XIV, 1025
Африканова Л. А. X, 834
Ахрамович А. Н. XIV, 660
Баберкин А. С. XV, 492
Бабков С. И. XV, 681
Бадалов С. Т. XXI, 897
Баканова А. А. VI, 67
Баландин А. А. XV, 495; XIV, 865
Балашова Н. А. XV, 126
Барабанов В. Ф. XXI, 538
Баракина Н. Ф. X, 631
Баранцев Р. Г. I, 9
Баратов Р. Б. XX, 335
Барелко Е. В. XV, 671
Бартев Г. М. XI, 87, 260
Басс С. И. XIV, 652
Башарин Г. П. XII, 101, 280
Бейноравичуте З. А. XIV, 117
Беккер В. Э. XXVI, 1086
Беклемишев К. В. IX, 1009
Белинский П. П. I, 16, 199
Белов Н. В. XXI, 720, 901
Беляев Г. М. IX, 74
Берлин А. А. XIV, 644
Блинов В. А. XVIII, 1060
Блохина Н. А. XX, 335
Бобович Я. С. XIV, 1028
Богачев Н. П. VI, 617
Богомольный А. М. XV, 499
Бокштейн С. З. XI, 1015
Болдырев Б. Г. XXVIII, 924
Борисов Н. Д. XI, 264
Боровков А. А. I, 13
Бочвар А. А. XI, 91
Бреслер С. Е. XIV, 859
Будько В. М. XX, 701
Буйнов Н. Н. XI, 271
Бунятов С. А. VI, 617
Бутслов М. М. IV, 815
Вавилов Н. С. XI, 845
Вайсер В. Л. XIV, 648
Васильев А. М. I, 18
Васильев И. М. X, 78, 450
Васильев Н. И. XIV, 303
Васильев Ю. М. XX, 1065
Вейнберг В. Б. XI, 634
Векслер А. И. I, 775
Веселовская М. М. XX, 893
Виденский В. С. I, 202
Вилинская Е. Д. XIV, 107
Виноградов В. С. I, 399, 579
Виноградова В. С. XIV, 641
Виноградова Н. Г. IX, 74
Виноградова О. М. XV, 674
Вишик М. И. I, 778
Вишневский Л. Д. XIV, 111
Вологдин А. Г. XX, 705
Волосов В. М. I, 22, 959
Воробьева Л. И. XXVIII, 362
Воронин В. Г. XIV, 455
Вороновская Е. В. I, 206
Газарян К. Г. XXXV, 386
Гараева К. Г. XXXI, 175
Гейден Т. М. XXXI, 175
Герасимов Я. И. XV, 488
Глаголева М. А. XVI, 1052
Голованов И. М. XXI, 897
Гончаров В. П. IX, 830
Горюнова Н. А. XI, 848
Грагеров И. П. XIV, 295
Граевский Э. Я. X, 837
Грибковский В. П. VI, 446
Григорьева О. В. II, 432
Григорян С. С. III, 606
Гринев А. Н. XIV, 862
Гроза Л. А. I, 963
Грум-Гржимайло Н. В. XI, 850
Грязнов В. И. XXI, 159
Грязнов В. М. XV, 499
Гудкова Т. И. XI, 1015
Гулько Н. В. XVIII, 523
Гундырев А. А. XIV, 1031
Гурарий В. П. I, 782
Гутин С. С. XI, 852
Гутник Л. А. I, 786
Дамаскин Б. Б. XV, 129
Деборин Г. А. XVII, 138
Дейчмейстер М. В. XV, 1048
Декартова Н. В. XI, 274
Делягин Н. Н. VI, 621
Денисова З. В. XXXIV, 382
Дерябин Л. Н. XXXIV, 936
Дерягин Б. В. XV, 503, 877
Детлаф Т. А. XXXV, 944
Джелепов Б. С. VI, 995
Джрбашян М. М. I, 210
Дзвеля М. Ф. XX, 709
Дзядык В. К. I, 403
Дмитриева Н. П. XXIII, 909
Добролюбский О. К. XXXI, 370
Добросельская Н. П. XV, 495
Добрынина Т. П. XIV, 485
Дроботко В. Г. XXVIII, 924
Дроздов С. Н. XXXI, 753
Дубовицкий Ф. И. XV, 668
Дукова Е. Д. XIII, 288
Дульнева Н. М. XI, 634
Думанский А. В. XV, 136
Духин С. С. XV, 503
Дынин А. С. I, 790
Евграфов М. А. I, 26, 407
Егоров В. Н. VI, 440
Егорова З. С. XIV, 869
Елисеев А. И. XX, 339
Ермакова В. Н. XIV, 862
Ефимов Н. В. I, 582
Жаброва Г. М. XV, 674
Жаворонков Н. М. XV, 681
Желобенко Д. П. I, 586
Женевская Р. П. XXXIII, 182
Жолкевич В. Н. XXXI, 1093
Журавлев Ю. И. I, 411
Жуховицкий А. А. XI, 1015
Завойский Е. К. IV, 815
Завьялов В. А. XVI, 693
Зайцева З. М. XXVIII, 366
Звягельский А. А. XX, 1065
Зелепуха С. И. XXVIII, 924
Зелинский В. В. XV, 315
Зиновьева Е. Г. X, 80, 837
Зорина О. М. XVII, 138
Зотин А. И. XXXV, 948, 1105
Зуйкова А. А. XI, 91
Ибрагимов И. И. I, 415
Иванов В. В. I, 793
Иванов К. И. XIV, 107
Иванова Т. М. VI, 70
Ивановский Л. Е. XV, 685
Игонин Л. А. XIV, 652
Измаильский В. А. XIV, 111
Ильин В. Д. XXII, 727
Ильинский Г. А. XXI, 541
Имянитов И. М. XI, 93
Иорданский С. В. III, 610
Иремадзе Н. К. XIV, 470
Исаева З. Г. XIV, 105
Кабанов Б. Н. XV, 126
Кабанова В. I, 30
Каверина Н. И. XV, 322
Каденации Б. М. XV, 674
Казарин В. И. XV, 873
Калинович Д. Ф. XI, 277
Калиняк А. А. IV, 815
Кангро Г. I, 967
Карасева Т. М. I, 34
Кармышева В. Я. XXIV, 730, 912
Карпов П. А. XX, 893
Карпова А. Л. XV, 133
Карпова Г. В. XX, 531
Карташева Л. И. XV, 671
Кельзон А. С. II, 432
Киквидзе А. В. XIV, 1025
Кирпичников В. С. XXV, 742
Китайгородский А. И. XIV, 115, 291
Китайгородский И. И. XVIII, 1060
Кишкин С. Т. XI, 1015
Класен В. И. XVIII, 697
Кобленц-Мишке О. И. IX, 1012
Ковенский И. И. XI, 277

* Первое число после фамилии и инициалов автора обозначает номер раздела по систематическому указателю, второе — страницу.

- Козминская Т. К. XIV, 656
 Козубова Л. А. XX, 712
 Колесников В. Н. VI, 440
 Колобов В. П. XV, 315
 Колосс Е. И. XXIV, 358
 Колпаков М. Г. XXXIV, 759
 Константинова Т. Н. XXXI, 755
 Кораблева Н. П. XXXI, 1097
 Коробейников В. П. III, 613
 Коробова Л. М. XIV, 474
 Коровина Г. В. XV, 1038
 Короткевич В. С. IX, 1009
 Корценштейн В. Н. XX, 1068
 Коршак В. В. XIV, 299, 458
 Косевич В. М. XI, 97
 Котова Л. Н. I, 418
 Кочетков Н. К. XIV, 462
 Красильников Н. А. XXXI, 755
 Красная Ж. А. XIV, 1034
 Кривцкая И. И. XIV, 477
 Кротов Б. П. XVI, 326
 Кружилин А. С. XXXI, 561
 Крушинский Л. В. XXXIV, 762
 Крылов А. В. XXXI, 175, 374
 Крылов А. Л. I, 795
 Кузин П. С. VII, 253
 Кузмак Г. Е. I, 37
 Кузнецова Л. А. XV, 1045
 Кузьмин М. Г. XIV, 303
 Куликов М. В. XX, 712
 Куликовский А. Г. III, 987
 Куправа Ш. Д. XIV, 470
 Куприна Н. П. XX, 1071
 Кухтин В. А. XIV, 466
 Лабзин В. А. VI, 443
 Лаврук Б. Р. I, 970
 Лагидзе Р. М. XIV, 470
 Лангенбах А. I, 214
 Лаптев Г. Ф. I, 41
 Лапшина М. И. XI, 1021
 Лебедева М. Н. XXVIII, 557
 Левина Л. М. XX, 527
 Левина Р. Я. XIV, 303
 Левкоев И. И. XV, 1048
 Леонтьев А. Ф. I, 797
 Лещинский М. Ю. XVIII, 889
 Лившиц И. А. XIV, 474
 Липчина Л. П. XVII, 141
 Лихтман В. И. VI, 443
 Лобжанидзе Э. Д. XXIX, 928
 Логвиненко Н. В. XX, 531
 Логинов Н. А. XV, 685
 Лошкарев М. А. XV, 881
 Люстерник Л. А. I, 778
 Лянце В. Э. I, 801
 Макаева Г. С. I, 973
 Малюжинец Г. Д. V, 436
 Мамедов Х. С. XXI, 720, 901
 Манелис Г. Б. XV, 668
 Маргулис О. М. XVIII, 523
 Марков А. I, 218
 Маркова З. А. XV, 674
 Мартинсон Г. Г. XX, 343
 Маслов В. П. XXII, 354, 545
 Машкевич В. С. VI, 247
 Медведев Б. В. VI, 623
 Меерсон Ф. З. XXXIV, 940
 Мейнгад П. Н. XI, 634
 Мельник В. Г. XI, 852
 Мельник И. Г. XI, 852
 Мерехов Ю. П. VI, 617
 Мержанов А. Г. XV, 668
 Мешеряков Н. Ф. XVIII, 697
 Минакова Л. М. XIV, 660
 Минина Е. И. XXXI, 179
 Михайленко И. Е. XV, 319, 495
 Михайлов Б. М. XIV, 656
 Михайлов М. К. XVII, 330, 511
 Михайлова А. А. XV, 133
 Мнюх Ю. В. XIV, 115, 291
 Мосевичкий М. И. XIV, 859
 Мосолов И. В. XXXI, 378
 Наградова Н. К. XVII, 519
 Назаров И. Н. XIV, 1034
 Назарова Н. М. XIV, 865
 Наймарк М. А. I, 590
 Наметкин Н. С. XIV, 1031
 Невеская Л. А. XX, 152
 Некряч Е. Ф. XV, 136
 Немошкаленко В. В. XI, 264
 Немчинова И. И. XXV, 168
 Нерочнов Ю. П. VIII, 1001
 Нерсисян А. Б. I, 210
 Несмеянов А. Н. XIV, 117, 477, 660
 Никитин А. А. IV, 991
 Никитин В. Н. XXVII, 172
 Николаева-Федорович Н. В. XV, 129
 Никонов В. Б. IV, 815
 Нифантьев Э. Е. XIV, 462
 Одабашян Г. В. XIV, 307
 Орлова Н. В. XXVIII, 366
 Осико В. В. XV, 507
 Осипов К. А. XI, 637, 855, 1019
 Палатник Л. С. XI, 97
 Панова А. В. XXXI, 378
 Пасынков Б. I, 45
 Пентковский М. В. I, 805
 Пенсковский В. В. XI, 277
 Перевалова Э. Г. XIV, 117
 Перекалин В. В. XIV, 295, 1028
 Перминов П. С. XV, 1041
 Петров А. Д. XIV, 119, 307, 470
 Петрова Е. Ф. XI, 1021
 Печерская К. А. XIV, 660
 Пинскер М. С. I, 49
 Плаксин И. Н. XVIII, 145
 Плисс В. А. I, 422
 Погребкова А. В. XXXIV, 1101
 Подгорбунский С. Л. XX, 1065
 Подольский А. С. XXX, 932
 Подстригач Я. С. XI, 268
 Полежаева Н. А. XIV, 641
 Поливанов М. К. VI, 623
 Пономарев В. I, 575
 Пономарева А. Н. XVII, 515
 Пономарева М. Н. XXI, 162
 Пономаренко В. А. XIV, 307
 Попова А. А. XIII, 453
 Попович Д. XXXIV, 186
 Преображенская М. Н. XIV, 481
 Преображенский Н. А. XIV, 455
 Приходцева А. П. VI, 995
 Прокофьев В. В. IV, 815
 Проскурнин М. А. XV, 492, 671
 Протасов В. И. I, 594
 Рабинович С. И. I, 977
 Работнов Т. А. XXX, 750
 Радауцан С. И. XI, 848
 Райков И. Б. XXIII, 1079
 Райкова Е. В. XXIV, 549
 Ракин В. Г. XI, 271
 Ракитин Ю. В. XXXI, 175, 374
 Растворова А. М. XXIV, 734; X, 841
 Резникова И. И. XV, 315
 Репина Л. Н. XXII, 1075
 Робев Ст. Г. 84
 Рогинский С. З. XV, 674
 Рожанский В. Н. XI, 274
 Ройтенберг Я. Н. I, 221
 Романов М. И. XII, 284
 Романова Н. Н. XXVII, 553
 Ротт Л. А. XV, 678
 Рубинштейн А. М. XIV, 664
 Руцай С. В. XXXIV, 940
 Рыбалка Н. Д. X, 78, 450
 Рябов В. Д. XIV, 648
 Садах-заде С. И. XIV, 119
 Сакодинский К. И. XV, 681
 Салькова Е. Г. XXXI, 1097
 Самарский А. А. I, 225
 Самойлов О. Я. XV, 1043
 Сарманов О. В. I, 52
 Свешников Б. Я. XV, 1045
 Свешников В. А. XXXII, 565
 Северин С. Е. XVII, 519
 Северный А. Б. IV, 819
 Семенов К. И. XXXV, 389
 Севарин Л. Н. XXVI, 1090
 Сидоров В. М. VI, 617
 Скрипов Ф. И. VI, 998
 Скрыбин Г. К. XXXI, 755
 Славво А. В. XXXI, 370
 Смигла В. П. XV, 877
 Смирнов М. В. XV, 685
 Смолин П. П. XX, 155
 Смолкин Г. Е. IV, 815
 Соболев Н. Н. VI, 440
 Соболев С. Л. I, 598
 Солун В. И. XX, 716
 Сосин С. Л. XIV, 299
 Спасская Л. П. XXXVI, 190
 Спицын Викт. И. XV, 319, 495
 Степанов Б. И. VI, 446
 Стечкин С. Б. I, 582
 Ступень Л. В. XIV, 644
 Стыран З. Е. XI, 87
 Сунь Хэ-шэн I, 229
 Сутулов Ю. Л. XXIV, 738, 916
 Сыркин Я. К. XV, 1048
 Ся До-шин I, 233
 Тагеева Н. В. XVI, 1056
 Талиева М. Н. XXVIII, 746
 Тараканова Г. А. XXXI, 374
 Тейтельбаум В. Н. I, 807
 Теляковский С. А. I, 426

Терентьев А. П. XIV, 481, 862
Тесленко Ю. В. XXII, 905
Тильман С. М. XX, 346
Тимофеева Е. А. XIV, 485
Тихомиров А. И. XIX, 149
Толкачев О. Н. XIV, 455
Томашов Н. Д. XV, 885
Топчиев А. В. XIV, 1031
Трещова Е. Г. XIV, 303
Трохимчук Ю. Ю. I, 430
Трунин Р. Ф. VI, 67
Турецкий А. Х. I, 980
Турпаева Е. П. XXVII, 172
Тябликов С. В. VI, 250

Улезло И. В. XXXI, 755

Фаддеев Л. Д. V, 63
Федоров Викт. К. XXV, 168
Федосеева Б. И. XIV, 644
Фефер А. М. XI, 264
Филатова З. А. IX, 74
Фомин С. В. I, 236
Францевич И. Н. XI, 277
Фрейдлин Л. Х. XIV, 865
Фридкин В. М. VI, 627
Фрумкин А. Н. XV, 129
Фрунзе Т. М. XIV, 458

Фукс Г. И. XV, 322
Фэн Чун-цзи XXXVI, 766

Хавин В. П. I, 239
Хо Дю-ок XV, 499
Хованский Г. С. I, 56
Хожателев Б. Л. XXI, 897
Хольнов Ю. В. VI, 995
Хохлова Ю. М. XXXI, 755
Храновский П. А. XXV, 1083

Цепков Л. П. XI, 260
Цинь Су-юнь X, 450

Чаевский М. И. XI, 268
Чайлахян М. Х. XXI, 755
Чепракова Ю. И. XXIV, 920
Чернобаев И. П. XV, 881
Чибисов К. В. XV, 133
Чирков Н. М. XV, 1038
Чистякова М. В. XIV, 299
Чубарева Л. А. XXIII, 165
Чумаков И. С. XX, 535
Чунихин С. А. I, 213

Шабаров Ю. С. XIV, 303
Шандыба К. Г. XX, 531
Шапошников В. Н. XXVIII,
366

Шапошников Д. П. XX, 538
Шафеев Р. Ш. XVIII, 14
Шварцман Л. А. XI, 1022
Шведская З. М. XXXI, 56
Швейкин П. И. I, 811
Шиловцева Л. С. XIV, 11
Шишкин Н. Н. XXI, 721
Шорыгин П. П. VI, 70; XIV,
865

Шотт-Львова Е. А. XV, 104
Шпинель В. С. VI, 621
Шуйкин Н. И. XIV, 485
Шулейкин В. В. VIII, 100
Шушунов В. А. XV, 689

Эльпинер И. Е. XVII, 138
Эмануэль Н. М. XVII, 141
Энтелис С. Г. XV, 1033
Эфрос Д. А. III, 59

Ягодовский В. Д. XV, 499
Якерсон В. И. XIV, 664
Яковенко В. Л. XI, 634
Яковлева В. В. XXXI, 179
Якубович В. А. I; 602, 988
Яновский Д. М. XIV, 644
Яновский М. И. XV, 674
Ярошевич В. М. XX, 350

